500

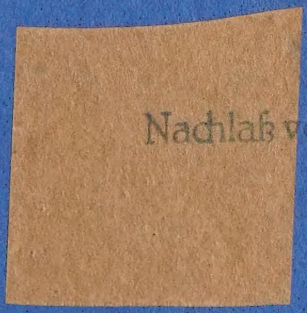
Inhalt unmarkiert, aber
Kein Merkl Kassenbl.

1395

BERICHT
ÜBER DAS GEOBOTANISCHE FORSCHUNGSINSTITUT RÜBEL IN ZÜRICH

FÜR DAS JAHR 1934

VON E. RÜBEL



ZÜRICH 1935

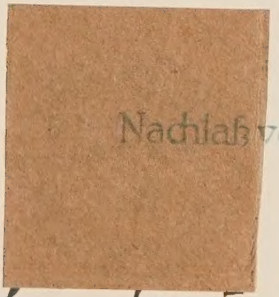
1395

BERICHT

ÜBER DAS GEOBOTANISCHE FORSCHUNGSINSTITUT RÜBEL IN ZÜRICH

FÜR DAS JAHR 1934

VON E. RÜBEL



Zur. 1935 : 1598.

ZÜRICH 1935

Buchdruckerei Berichthaus Zürich

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. INSTITUTSTÄTIGKEIT 5
Wissenschaftliche Arbeit und Benutzung des Institutes
Verwaltung und Organisation des Institutes

II. FREIES GEOBOTANISCHES KOLLOQUIUM 13

III. PERMANENTE KOMMISSION DER I. P. E. 13

IV. WISSENSCHAFTLICHE BEILAGEN 15
Werner Lüdi: Zur Frage des Waldklimaxes in der Nordschweiz . . 15
Werner Lüdi und Gina Luzzatto: Vergleichende Untersuchung zweier Methoden zur physikalischen Bodenanalyse 51
Gina Luzzatto: Erste Untersuchungen über die Verbreitung und die Vitalität einiger Alpenpflanzenarten in ihrer Beziehung zur Bodenazidität 63
Fritz Ochsner: Ökologische Untersuchungen an Epiphytenstandorten 69
Volkmar Vareschi: Pollenanalysen aus Gletschereis 81

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/geobotanische-rubel-zurich_1935

I. INSTITUTSTÄTIGKEIT

WISSENSCHAFTLICHE ARBEIT UND BENUTZUNG DES INSTITUTES.

Vom Institut ausgeführte Arbeiten. Die meteorologischen Beobachtungen am Albis wurden fortgesetzt und noch etwas erweitert, indem auf Anregung des Herrn Forstingenieur E. Krebs (Sihlwald) eine weitere Beobachtungsstation in Hirzel eingerichtet wurde, die in verdankenswerter Weise von Herrn Willi Matter, Lehrer in Hirzel, besorgt wird. Dadurch wächst die Zahl unserer Stationen auf sieben an. Die Station Hirzel ergibt in bezug auf die Niederschlagsmessung in Verbindung mit der Meßstation in der Eidg. Versuchsstation Wädenswil und der von der Wasserversorgung der Stadt Zürich unterhaltenen Station in Sihlbrugg-Dorf ein drittes, weiter südlich gelegenes Querprofil durch das Albisgebiet. In Albisbrunn wechselte der Beobachter infolge Wegzugs; die übrigen Beobachter haben getreu ausgeharrt. Wir sagen ihnen allen für die sorgfältige Beobachtung besten Dank. Die Untersuchung über die Kleinstandorte an einem Birnbaum des Institutgartens wurde das ganze Jahr durch weitergeführt, und die Beobachtungsreihen gelangten teilweise auf Ende 1934 zu einem vorläufigen Abschlusse. Zur Weiterführung der Arbeiten auf der Schinigeplatte wurde dieser Ort wiederum dreimal aufgesucht (8.–13. VI., 8.–20. VIII., 27. IX.–1. X.). Um die ökologischen Daten zu vervollständigen, nahmen wir im Alpengarten nochmals Niederschlagsmessungen vor, für deren Ausführung wir der leitenden Gärtnerin, Frl. Lydia Friedli, zu Danke verpflichtet sind. Dazu kamen Taumessungen und Sickerversuche in den verschiedenen Pflanzengesellschaften. In der Versuchsweide gelangten über 200 Probeflächen zur Ernte, die zum Trocknen nach Zürich gesandt wurden. Am 20. VIII. wurde der Versuchsweide von einem Alpwanderkurse des Schweizerischen alpwirtschaftlichen Vereins ein Besuch abgestattet.

Auf Anregung von Herrn Dr. Walter Mörikofer und in Verbindung mit dem von ihm geleiteten Physikalisch-meteorologischen Observatorium in Davos wurde versucht, in der Landschaft Davos das „Heufieberklima“ zu studieren und zu diesem Zwecke die Ver-

breitung, Blütezeit und Pollenstreuung der Heufieber erregenden Arten genauer verfolgt. Der abnorm früh eintretende Sommer macht es aber notwendig, die Untersuchung im kommenden Jahre fortzusetzen.

Im Spätherbste wurde eine größere experimentelle Untersuchung über die Zersetzung der Laubstreue unserer wichtigsten Waldbäume angefangen, mit dem besonderen Zwecke, die dabei entwickelten und dem Boden zum großen Teile zugeführten Mengen an Säuren zu bestimmen.

Mehrmals konnten im Laufe des Jahres bei sich bietenden Gelegenheiten Probereihen von Sedimenten gewonnen werden, die zur Auswertung auf die Waldgeschichte und andere Probleme der Quartärzeit bestimmt sind. So erhielten wir durch Vermittlung von Herrn Ing. Martin Schröter Proben aus den Tiefenbohrungen im Moorgebiet von Einsiedeln, von Herrn Dr. Jules Favre solche aus dem Genfersee, von Herrn Dr. Eduard Gerber und Herrn F. Wuillemin aus der Gegend von Spiez, durch die Herren Dr. Fritz Antenen, Dr. Ludwig Bendel und Prof. Alphonse Jeannet aus Tiefenbohrungen in Nidau. Ferner benutzten wir die neue Aufschürfung der interglazialen Quelltuffe von Flurlingen bei Schaffhausen, um dort Reihen von Proben zu entnehmen. Diese Materialien harren aber zumeist noch der Untersuchung.

Prof. Rübel, Prof. Brockmann und Dr. Lüdi nahmen an der 7. internationalen pflanzengeographischen Exkursion durch Mittelitalien teil (s. unter I.P.E., S. 13). Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft gab auch dieses Jahr ihrem Zentralpräsidenten Prof. Rübel reichliche Arbeit; doch war es das letzte Jahr der Amtsdauer. In dem Berichtsjahre erhob sich in der Schweiz rege Diskussion über die Wünschbarkeit einer allgemeinen Akademie der Wissenschaften. Der philosophisch-historischen Richtung fehlt eine Akademie, während die mathematisch-naturwissenschaftliche Richtung in der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft eine sehr gut ausgebaute besitzt. Darüber schrieb E. Rübel einen Aufsatz in der Neuen Schweizerischen Rundschau (s. Verzeichnis der Veröffentlichungen). Seine Privatdozentur an der Eidg. Techn. Hochschule gab er im Herbst 1934 auf. Dr. Lüdi verwendete seine Zeit neben der Leitung der bereits genannten und noch weiterhin zu erwähnenden Institutsarbeiten hauptsächlich zur Fertigstellung der Arbeit über die Ge-

schichte des Großen Mooses, die auf Ende des Jahres in Druck gehen konnte. Das Große Moos mußte zu diesem Zwecke im Frühling und Herbst nochmals für kurze Zeit aufgesucht werden. Die Untersuchung der Wälder der Apenninen-Halbinsel wurde in den Monaten Juni bis August fortgesetzt, in einer viereinhalbwöchigen Reise durch die Albanerberge, Calabrien, Basilicata, Abruzzen, an die sich die Teilnahme an der 7. internationalen pflanzengeographischen Exkursion durch die Toscana und Romagna anschloß. Herrn Dr. Volkmar Vareschi unterstand die Kontrolle der meteorologischen Stationen am Albis und der ökologischen Messungen im Garten. Er besorgte auch den Hauptteil der Aufnahmen in Davos. Daneben setzte er, unterstützt von seiner Frau, seine eigenen Untersuchungen fort. Er arbeitete über die Epixylen, brachte seine Versuche über ein selbstregistrierendes Photometer soweit zum Abschluß, daß ein Fabrikmodell erstellt werden konnte, und dehnte seine Studien über den Pollengehalt des Gletschereises auf den Gepatschferner bei Innsbruck aus. Über die Ergebnisse, die er dabei erhielt, berichtet er in der wissenschaftlichen Beilage zum Jahresberichte.

Pflanzengeographische Kartographie.

Das Berichtsjahr war der Ausarbeitung der geobotanischen Weltkarte gewidmet, und dank der Anstellung von Herrn Dr. E. Kündig steht diese Arbeit vor dem Abschluß. Der Druck der Karte im Maßstab 1 : 20 Mill. ist von Justus Perthes in Gotha übernommen worden, nachdem kein Schweizer Verlag das große Risiko der Herausgabe einer solchen Karte übernehmen wollte.

Der Neubearbeitung wurde zuerst das Blatt Afrika unterzogen. Sehr große Schwierigkeiten bereitete Asien. Eine neuzeitliche Übersicht über die Pflanzengesellschaften dieses Kontinentes fehlt bekanntlich. So mußte in mühsamer Kleinarbeit und durch zeitraubendes Literaturstudium das Material zuerst gesammelt werden. Auch hier sind die Unterlagen für die verschiedenen Teile sowohl nach Inhalt als nach Ausdehnung ganz verschiedenartig und verlangen eine besondere Auslese. Immerhin konnten große, einheitlich kolorierte Flächen des alten Entwurfes in eine Fülle von Einzelheiten aufgelöst werden. Große Lücken zeigen aber immer noch die vom Menschen stark besiedelten und veränderten Landgebiete wie z. B. Vorder-

Indien. Hier werden große, einheitlich bezeichnete Landgebiete bleiben müssen, da uns die Kenntnis der natürlichen Pflanzengesellschaften fehlt.

Bei unseren Arbeiten stoßen wir immer wieder deshalb auf die größten Schwierigkeiten, weil einzelne Forscher auf zu wenig klaren und folgerichtig angewandten Einteilungsprinzipien aufbauen.

Benützung der Hilfsmittel des Institutes und Förderung von Geobotanischer Feldarbeit.

Herr Dr. Fritz Ochsner in Muri wünschte umfassendere ökologische Studien an Epiphytenstandorten in einem günstig gelegenen Walde bei Muri auszuführen. Das Institut beriet ihn bei der Aufstellung eines Arbeitsplanes und stellte ihm die notwendigen Apparate und Hilfsmittel zur Verfügung.

Frau Dr. Amélie Hoffmann-Grobéty plante Moorstudien in Glarus. Das Institut führte sie in die Feldarbeit und in die Pollenanalyse ein.

Frl. Dr. Gina Luzzatto aus Mailand weilte im August und September am Institut, indem sie zuerst auf der Schinigeplatte unseren Arbeitsplatz benutzte und Studien in der alpinen Vegetation und im besondern über die Beziehung zwischen Bodenazidität und Pflanzenverbreitung ausführte und später in Zürich die Materialien weiter verarbeitete und eine vergleichende Studie über die Methodik der physikalischen Bodenuntersuchung durchführen half.

Herr Arno Bacmeister aus Wangen am Bodensee weilte einige Tage im September und wiederum während zwei Wochen im Dezember im Institut, um die Methode der Pollenanalyse zu erlernen und eine Untersuchung des Pollengehaltes der tertiären Mergel (Oehningermergel) von Wangen auszuführen, in Verbindung mit einer Neubearbeitung dieser Fundstätten durch Herrn cand. geol. Hans Stauber in Zürich.

Frau Heimtrud Vareschi arbeitete häufig in Ergänzung der privaten Arbeit ihres Mannes im Institut (besonders Pollenanalyse).

Außer den Genannten arbeiteten noch die folgenden Herren zusammenhängend während kürzerer Zeit im Institut: Herr Dr. K. W. Benrath aus Königsberg (Januar, Bibliothek), Herr Dr. Paul Keller aus Teufen (April, Bibliothek), Herr A. Lehmann (Herbst und Winter, Herbar).

Das Besucherbuch weist 145 Namen auf. Die Gastzimmer wurden 11mal und teilweise auf längere Zeit benutzt.

Der Sitzungssaal wurde wiederum für gemeinnützige Bestrebungen zur Verfügung gestellt und reichlich benutzt. Ferner wurde das geobotanische Kolloquium dort abgehalten. Dem Institut dient er andauernd als Zeichnungssaal, wo auch die kartographischen Arbeiten ausgeführt werden.

Das Archivzimmer blieb bis zum Jahresende zur Verfügung des Zentralvorstandes der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (Sekretariat und Quästorat).

Die Bibliothek lieh 177 Bände aus. Dazu kommt die direkte Benützung der Bibliothek, die den Besuchern des Institutes frei zugänglich ist. Ferner wurden eine Anzahl Lichtbilder ausgeliehen.

Die Zahl der ausgeliehenen Instrumente zu ökologischen Untersuchungen vergrößerte sich im Berichtsjahr auf 63, was zur Hauptsache auf die Zunahme der an Dr. F. Ochsner ausgeliehenen Instrumente zurückzuführen ist.

Forschungsbeiträge.

Dr. W. Lüdi erhielt eine Subvention für seine Vegetationsstudien im Apennin. Dr. V. Vareschi ebenso für die Fortsetzung der Pollenstudien im Gletschereis. Dr. P. Keller eine kleine Nachsubvention für pollenanalytische Untersuchung von Mooren der Westschweiz.

Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel im Jahre 1935.

Veröff. 7. Heft: J. Braun-Blanquet und Eduard Rübel, Flora von Graubünden, 3. Lieferung (Seite 821–1204). (Umfaßt die Dicotyledonen von den Leguminosen bis und mit den Solanaceen.)

Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1933 (72 Seiten mit fünf Originalbeiträgen, s. unten).

Verzeichnis der aus dem Institut stammenden Arbeiten:

1. Braun-Blanquet, J., und Rübel, Eduard: Flora von Graubünden, 3. Lieferung (s. Veröff.).
2. Großmann, H.: Der Einfluß der alten Glashütten auf den schweizerischen Wald. Bericht über das Geobot. Inst. Rübel **1933** (15—32).
3. Keller, Paul: Die Grundzüge der nacheiszeitlichen Waldentwicklung in der Westschweiz. (Vorläufige Mitteilung). Bericht über das Geobot. Inst. Rübel **1933** (33—40).

4. Lüdi, Werner: Beitrag zur Kenntnis der Beziehungen zwischen Vegetation und Boden im östlichen Aarmassiv. Bericht über das Geobot. Inst. Rübel **1933** (41—54).
5. Lüdi, Werner: Das Alter des Utomergels und seiner Hölzer. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich **79** (1934) (155—168).
6. Lüdi, Werner: Der Alpengarten Schinigeplatte bei Interlaken. Deutsche Alpenzeitung **1934** (136—138).
7. Lüdi, Werner, und Vareschi, Volkmar: Die Untersuchung der Klimaverhältnisse im Albisgebiet. Bericht über das Geobot. Inst. Rübel **1933** (55—64).
8. Rübel, Eduard: Eine allgemeine schweizerische Akademie und die bestehende Naturforscherakademie. Neue Schweizer Rundschau, Februar **1934** (15 S.).
9. Rübel, Eduard: Oskar Drude. Ber. und Abh. der freien Vereinigung für Pflanzengeogr. und Syst. Bot. 1933, Repert. Fedde Beihefte **76** (1934) (S. III).
10. Rübel, Eduard: Zu den Begriffen von Wiese und Matte. Ber. und Abh. der freien Vereinigung für Pflanzengeogr. und Syst. Bot. 1933, Repert. Fedde Beihefte **76** (1934) (S. VIII).
11. Rübel, Eduard: Bericht des Zentralvorstandes der SNG für das Jahr 1933. Verhandlungen der SNG **1933** (17—23 und 70—77).
    Rübel, Eduard, und Braun-Blanquet, J.: Flora von Graubünden. S. Nr. 1.
12. Vareschi, Volkmar: Meereshöhe, Kontinentalität und Epixylenverbreitung (Epixylenstudien I). Bericht über das Geobot. Inst. Rübel **1933** (65—72).
13. Vareschi, Volkmar: Über den Naturschutz im Karwendel und einige allgemeine Naturschutzfragen. Jahrb. des Vereins zum Schutze der Alpenpfl. München **1934** (7—25).
14. Vareschi, Volkmar: Waldtyp und Waldassoziation in den Bergwäldern des obersten Isartales. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen **40** (1934) (166—176).
    Vareschi, Volkmar, und Lüdi, Werner: Die Untersuchung der Klimaverhältnisse im Albisgebiet. S. Nr. 7.

Veröffentlichung von Forschungen, die vom Institut subventioniert wurden.

Hierher sind zu rechnen von den obengenannten die Nummern 1, 3, 5, 7.

VERWALTUNG UND INNERE TÄTIGKEIT DES INSTITUTES.

Bibliothek.

Die Katalogisierung wurde zu Ende geführt und durch sorgfältige Kleinarbeit versucht, für die noch verbleibenden Gruppen des Sachkataloges eine befriedigende, endgültige Gestaltung zu finden. So wurden durchgearbeitet die Gruppen: 5 (Physiologie, Morphologie und Anatomie der Pflanzen), 1 und 10 (allgemeine Geobotanik), 11

(Untersuchungsmethoden der Geobotanik), 14 (Gesellschaftsmorphologie), 15 (Chorologie der Pflanzengesellschaften), 16 (Sukzession), 17 (Oekologie der Pflanzen), 18 (Chorologie der Arten), 19 (Palaeobotanik). Ferner wurden die geographischen und pflanzengeographischen Karten geordnet und katalogisiert. Die Zahl der Neueingänge betrug 766 (davon 47 Nummern gekauft), wozu noch 242 aus dem Nachlaß von Prof. Dr. Oskar Drude erworbene Schriften kamen (zum Teil erst anfangs 1935 katalogisiert) und 434 ältere Nummern, die erst in diesem Jahre katalogisiert wurden. Somit beträgt die Vermehrung gegenüber dem Vorjahre 1442 Schriften, und der Stand der Bibliothek beläuft sich auf 16344 Einzelschriften. Des weiteren gingen ein 608 Zeitschriftenhefte und 15 Nummern von größeren Lieferungswerken, sowie eine Anzahl pflanzengeographischer, geographischer und geologischer Karten.

Der Tausch unserer Jahresberichte wurde mit den nachfolgenden Institutionen neu aufgenommen:

Geol. Bureau voor het Nederlandsche Mijngebied te Heerlen (Berichte).
Norwegens landwirtschaftliche Hochschule, Oslo (Meldinger fra Norges Landbrukshoiskole).
Ohara Institut für landwirtschaftliche Forschungen in Kurashiki, Prov. Okayama, Japan (Berichte).
Secretaria da agricultura, industria e commercio do estado de Saõ Paulo, Brasilien (Boletim de Agricultura).
Torfinstitut in Moskau (Torfangelegenheiten, russ.).

Durch Kauf erwarben wir neu:

Biological Abstracts, herausg. von der Union of american biological societies.
Bioklimatische Beiblätter der meteorologischen Zeitschrift, herausg. von Franz Linke und Wilh. Schmidt im Auftr. der deutsch. meteorolog. Ges. und der Österr. Ges. für Meteorologie.

Von Herrn Prof. Dr. C. Schröter erhielten wir neu: The botanical magazine. Herausgeg. v. d. Bot. Soc. of Japan, Tokyo.

Von Herrn Prof. Dr. C. Schröter erhielten wir außerdem wiederum eine große Zahl von Büchern, die zum großen Teil geordnet und zur Katalogisierung bereitgemacht werden konnten.

Der topographische Atlas der Schweiz (Blätter 1 : 25000) wurde aufgezogen und in zweckmäßiger Weise aufgestellt.

Die Bildersammlung erhielt von Herrn Prof. Dr. C. Schröter weitere Bilder von Naturforschern, und von den Herren Prof. Dr.

H. Brockmann, Prof. Dr. E. Rübel, Pietro Zangheri und Dr. W. Lüdi Photographien und Lichtbilder von der 7. internationalen pflanzengeographischen Exkursion durch Italien.

Herbarium.

Wir erwarben von Herrn Paul Aellig eine weitere Sammlung von korsischen Pflanzen (256 Nummern). Von Herrn Prof. Dr. Martin Rikli erhielten wir eine wertvolle Sammlung marokkanischer Pflanzen, insgesamt 123 Bogen, und von Herrn Fritz Beck in Trub eine kleine Sammlung von Pflanzen aus dem Emmental. Eine größere Sammlung, die aber noch nicht fertig geordnet ist, wurde von dem Leiter des Institutes aus Italien gebracht (700 Nummern).

Wir sprechen allen Spendern von Büchern, Bildermaterial und Herbarpflanzen unseren besten Dank aus.

Laboratorium und ökologisches Instrumentarium.

Folgende Instrumente wurden neu gekauft:

2 Apothekerwagen
6 Hygrometer mit Schleppzeiger zum Ablesen der Extremwerte (z. T. Umänderung)
3 Graukeilphotometer
6 Atmometer nach Livingston
20 Atmometerkugeln nach Livingston, zum Teil geschwärzt
1 elektrischer Gleichrichter zum Aufladen von Akkumulatoren

Verschiedene Instrumente zur einfachen Feldvermessung (Hensolt Visier, Rollband, Meßlatte).

Hausunterhalt. Das Gewächshaus wurde abgedichtet und ebenso die Fenster im Assistentenzimmer und im Telephonzimmer. In der Wohnung des Hauswartes wurde ein Gasautomat eingerichtet.

Personalverhältnisse. Änderungen sind keine eingetreten.

PERSONALIA.

A. Kuratorium.

Prof. Dr. E. Rübel, Präsident
Frau Anna Rübel-Blaß
Prof. Dr. C. Schröter
Prof. Dr. H. Brockmann.

B. Personalbestand.

Oberleiter: Prof. Dr. E. Rübel
Direktor: Dr. W. Lüdi
Spezialdelegierter für Vegetationskartographie: Prof. Dr. H. Brockmann.
Assistent: Dr. V. Vareschi
Gehilfin: Fräulein Lore Brockmann
Institutswart: Frau N. v. Senger-Agthe
Laborant: Hans Siegl
Mitarbeiter bei der Erstellung der Vegetationskarte der Erde: Dr. E. Kündig, Geologe.

II. FREIES GEOBOTANISCHES KOLLOQUIUM

Das Kolloquium fand im Wintersemester 1934/35 wiederum im Vortragssaal des Institutes statt. Herr Prof. Dr. H. Brockmann-Jerosch, der verdienstvolle Gründer des Kolloquiums, wünschte von der Mitarbeit an der Leitung entlastet zu werden. Dafür trat Herr Prof. Dr. U. A. Däniker in die Leitung ein. Es fanden folgende Darbietungen statt:

Walter Höhn: Stratigraphische und mikroanalytische Untersuchungen an postglazial verlandeten Seebecken (29. XI. 1934).

Werner Lüdi: Die 7. Internationale pflanzengeographische Exkursion durch Mittelitalien vom 20. VII.–6. VIII. 1934 (24. I. 1935).

Werner Lüdi: Eine vergleichende Untersuchung zweier Methoden zur physikalischen Bodenanalyse (s. wissenschaftl. Beilagen) (7. III. 1935).

Fritz Ochsner: Ökologische Untersuchungen an Epiphytenstandorten (s. wissenschaftl. Beilagen) (14. II. 1935).

Volkmar Vareschi: Pollenanalysen aus dem Gletschereis, ein neues Hilfsmittel der Glaziologie (s. wissenschaftl. Beilagen) (8. XI. 1934).

III. PERMANENTE KOMMISSION DER I.P.E.

Mit Sitz im Geobotanischen Institut Rübel, Zürich

Im Jahre 1934 fand die siebente Internationale pflanzengeographische Exkursion durch Mittel-Italien statt. Sie gab einen Querschnitt durch die Vegetation vom Tyrrhenischen zum Adriatischen Meer, von Pisa und seiner Umgebung über Florenz quer durch den

Apennin mit seinen Buchenwäldern nach San Marino und Rimini und durch die adriatische Küstenvegetation von Ravenna und Venedig. Die wohlgelungene Exkursion dauerte vom 20. Juli bis zum 6. August und wurde organisiert und geführt von Prof. Giovanni Negri in Florenz mit Prof. Alberto Chiarugi in Pisa, Prof. Giuseppe Gola in Padua und Prof. Renato Pampanini in Cagliari.

Es wurde beschlossen, wiederum einen Band Ergebnisse in den Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel zu publizieren.

Die achte I.P.E. im April 1936 soll durch Algier und Marokko führen unter der Leitung von Prof. René Maire in Algier.

ZUR FRAGE DES WALDKLIMAXES IN DER NORDSCHWEIZ

Von *Werner Lüdi*, Zürich

Die Wälder des schweizerischen Mittellandes sind soziologisch noch wenig erforscht worden, was damit zusammenhängt, daß sie vom Menschen weitgehend beeinflußt wurden und vielfach, soweit der Oberwuchs in Frage kommt, reine Kunstprodukte bilden, der Pflanzensoziologe aber möglichst „natürliche" Vegetation untersuchen möchte. Einen kräftigen Vorstoß in dieses schwierige Gebiet hat im Jahre 1932 Josias Braun-Blanquet gemacht mit einer Arbeit, betitelt: „Zur Kenntnis nordschweizerischer Waldgesellschaften". In dieser grundlegenden Studie werden die einzelnen Waldtypen an Hand der Bestandesaufnahmen soziologisch geschildert und gewertet, wobei den Beziehungen zwischen den Waldtypen und den Vorgängen der Bodenreifung und der Frage der Klimaxvegetation besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die von Braun untersuchten Wälder verteilen sich auf drei Assoziationsverbände.

I. Das Quercion pubescentis-sessiliflorae, mit zwei Assoziationen:

1. Das Pinetum-Cytisetum nigricantis. Es findet sich auf wenig stabilen, neutralen oder etwas basischen Böden trockener Südhänge im trocken-warmen Gebiete am Rhein, meist nur in Bruchstücken entwickelt.

2. Das Querceto-Lithospermetum. Kommt an ähnlichen Lokalitäten vor, doch auf stabilerem und oft bereits entkalktem Boden, der einen dichteren Vegetationsschluß erlaubt. Auch diese Lokalbestände sind meist klein und vorwiegend fragmentarisch ausgebildet, aber viel zahlreicher als die des Pinetum-Cytisetum. Sie sind als Ausläufer des sub-mediterranen Hauptgebietes zu werten, in dem diese Assoziation auch als Klimax auftritt.

II. Das Fagion, ebenfalls mit zwei Hauptassoziationen:

1. Das Fagetum praealpinum-jurassicum, die Buchenwaldassoziation im engeren Sinne ist durch das nördliche Alpenvorland besonders in den höheren, niederschlagsreicheren Gebieten ver-

breitet. Der Typus findet sich auf kalkreichem, nährstoffreichem Boden, besonders im Jura. Dazu unterscheidet Braun im Mittellande zwei Varianten, das Fagetum praealpino-jurassicum abietetosum, ausgezeichnet durch den Besitz von montan-subalpinen Arten und ohne scharfe Trennung in den Typus übergehend, aber im allgemeinen höher gelegene, feuchtere Gebiete besiedelnd, und das Fagetum praealpino-jurassicum carpinetosum, das im Molasseland allgemein verbreitet ist und charakterisiert wird durch das Zurücktreten oder Fehlen der Kalkpflanzen und das erste Auftreten von azidiphilen Arten. Eine dritte Subassoziation vermutet Braun am Alpenrand und in den nördlichen Alpentälern.

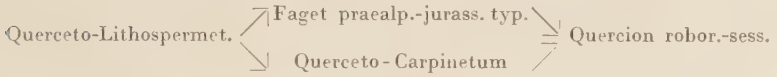
2. Das Querceto-Carpinetum. Diese Assoziation ist dem Fagetum floristisch nahe verwandt; doch dominieren Quercus (meist robur; auch gelegentlich sessiliflora) und Carpinus betulus. Es ersetzt in den tieferen Teilen des Molasselandes (mit 900 bis 1300 mm jährlichen Niederschlägen) das Querceto-Lithospermetum, von dem einzelne, wenig charakteristische Arten in seinen Bestand übergegangen sind. Doch ist der Boden des Querceto-Carpinetum oft bereits sauer, so daß azidiphile Arten auftreten, und die Entwicklung geht gegen die saure Seite hin.

III. Das Quercion roboris-sessiliflorae mit einer Assoziation, dem Quercetum medioeuropaeum.

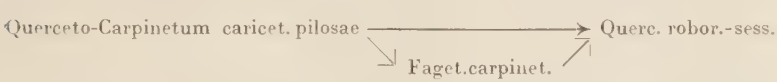
Dieses findet sich auf stark versauerten Böden der Nordschweiz, soweit noch natürliche Gehölzvegetation vorhanden ist, in kleinen, fragmentarischen Restbeständen. In der Baumschicht herrscht *Quercus robur* mit etwas *Q. sessiliflora*, *Betula alba*, *Pinus silvestris*, *Populus tremula* gemischt. Die Strauch-, Kraut-, Moosvegetation ist ausgesprochen azidiphil.

Nach der Auffassung von *Braun* bildet das Quercetum medioeuropaeum, wahrscheinlich mit Buchenbeimischung, das klimatisch bedingte Endglied der Vegetationsentwicklung im trockenwarmen Gebiete der Nordschweiz und wahrscheinlich, mit einem stärkeren Einschlag von Fagus und Carpinus, im ganzen Molasseland der Nordschweiz. Daß es sich hier nicht oder doch nur in Andeutungen findet, schreibt Braun der wenig weit vorgeschrittenen Reife der Böden zu. Die Auffassungen über die genetischen Zusammenhänge werden in den nachfolgenden beiden Sukzessionsschemata zusammengefaßt:

a) Im trockenwarmen Quercion pubescentis-sessiliflorae-Gebiet:



b) Im mäßigwarmen, feuchten Fagion-Gebiet des Mittellandes:



Bisher wurde allgemein im schweizerischen Mittellande das Fagetum im weiteren Sinne als Klimax der Vegetationsentwicklung betrachtet, wohl wesentlich unter dem Einflusse der von *H.* und *M. Brockmann-Jerosch* (1910) entwickelten Anschauungen über die natürlichen Wälder der Schweiz. Die Eichenwälder des Mittellandes glaubte man zur Hauptsache vom Menschen hervorgerufen oder doch unterhalten. Es ist daher wohl gerechtfertigt, zu diesen grundsätzlich so wichtigen und neuen Anschauungen von Braun-Blanquet Stellung zu nehmen, um so mehr, als die Dokumentierung Brauns gerade über das Quercetum medioeuropaeum wenig eingehend ist und sich auf die charakteristische Artenkombination aus sechs ziemlich unausgeglichenen Flächen von geringem Umfange beschränkt.

Es wurde versucht, über das Quercetum medioeuropaeum mehr Material zu sammeln und namentlich die Bodenverhältnisse genauer zu untersuchen. Um die äußersten Möglichkeiten der Bodenverschlechterung im Gebiete der Nordschweiz zu finden, müssen wir Böden aufsuchen, die möglichst alt sind und aus einem ungünstigen Rohbodenmaterial hervorgingen. Solche Böden sind auf den Deckenschottern zu erwarten, die in den beiden ersten Eiszeiten abgelagert wurden, als die Landoberfläche viel höher lag als in der Gegenwart, so daß diese Schotter heute im Gipfelgebiete der nordschweizerischen Hügel ebene Hochflächen bilden. Die älteren Deckenschotter liegen so hoch, daß sie von den Gletschern der späteren Vereisungen nicht mehr oder doch nur zur Zeit der größten Vereisung beeinflußt wurden. Neben lokal aufgelagertem Grundmoränenmaterial finden wir hier stellenweise auch eine lößartige Bodendecke, die als Ausblasung aus den großen Moränengebieten und Sanderebenen der späteren Eiszeiten zu deuten ist. Auf jeden Fall sind diese Böden aber zu den ältesten des ehemals vergletscherten Gebietes zu rechnen.

Die untersuchten Plateaus liegen auf den Hügeln südlich des Rheines von Schaffhausen bis nach Kaiserstuhl und etwas weiter südwestlich zwischen dem Tale der untern Limmat und der untern Reuß. Wir besprechen sie in der Richtung von Osten gegen Westen.

Die Waldtypen wurden in der von Braun angegebenen Umgrenzung genommen, und die floristische Dokumentierung konnte infolgedessen sehr beschränkt werden. Wir geben einen Überblick über Vegetation und Boden der Schotterhochflächen und fügen zum Vergleiche noch einige Bodenuntersuchungen von den Berghängen und jüngeren Terrassen hinzu.

1. Kohlfirst. Die Hochfläche liegt in 540–570 m Höhe. Der Deckenschotter ist von mehr oder weniger Moräne bedeckt, so daß stellenweise undurchlässige Böden entstehen, sogar lokale Wasseransammlungen. H. Großmann hat 1930 eine forstliche Beschreibung des Kohlfirstes gegeben. Nach ihm war hier früher ein Laub-Mittelwald vorhanden, von dem ein Teil durch Nadelholzpflanzungen bereits vor längerer Zeit in Hochwald umgewandelt wurde. Gegenwärtig werden die noch bestehenden Laubmittelwälder allgemein in Hochwald übergeführt, was teilweise mit gruppenweiser Einpflanzung von Nadelholz verbunden ist.

Am Hang finden sich Fagionbestände auf neutralen bis basischen Böden (s. Tab. 1, Nummern 1–3), bisher meist als Mittelwald bewirtschaftet. Vorwiegend dominiert *Fagus*, stellenweise auch *Carpinus; Eichen* und andere Holzarten sind eingesprengt. Der Unterwuchs wird von den neutrophilen Arten beherrscht, namentlich von *Carex pilosa*, die auf weite Strecken hin den Boden deckend überziehen kann, ferner von viel *Brachypodium silvaticum*, *Hedera helix*, *Lamium galeobdolon*, *Asperula odorata*. Gelegentlich sind Arten des Querceto-Lithospermetum eingesprengt. Der Bestand dürfte teilweise zum Fagetum, teilweise zum Querceto-Carpinetum gehören, an sonnigen Hängen auch übergehend ins Querceto-Lithospermetum.

In den nördlichen Teilen des Plateaus herrscht ein zum Hochwald aufwachsender Mittelwald, in dem als Überständer *Fagus*, *Quercus* und spärlich *Pinus* auftreten, als Mittelwuchs herrschende *Fagus* mit etwas *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, *Carpinus betulus* und *Quercus*

(meist *robur*; viele Zwischenformen zu *sessiliflora*). Der Boden (Tab. 1 Nr. 4–6) ist stark sauer, stellenweise mit oberflächlicher Humusschicht. Leichte Streuedecke. Die Strauch- und Krautschicht ist spärlich entwickelt, arten- und individuenarm und besteht vorwiegend aus zerstreuten Herden von *Carex pilosa*, mit etwas *Brachypodium silvaticum*, *Carex digitata*, *Oxalis*, *Hedera*, *Asperula*. Azidiphile Arten fehlen in dem durchgangenen Gebiete sozusagen.

Im mittleren und südlichen Teile des Plateaus ist der Wald weitgehend von neuzeitlichen waldbaulichen Maßnahmen beeinflußt. Weitgedehnte Nadelholzbestände breiten sich aus: Reinpflanzungen und Mischpflanzungen von *Picea* und *Pinus silvestris*, auch etwas *Pinus strobus*, *Larix europaea* und *Abies*. Es ist auffallend, wie in den Fichtenkulturen sich *Hylocomien*-Decken gebildet haben und die Bildung von Rohhumus einsetzt. Große Teile dieser Wälder bestehen aber immer noch aus dem aufwachsenden Buchen-Eichen-Mittelwald, wie er von dem nördlichen Teile des Plateaus beschrieben wurde. Nach der floristischen Zusammensetzung des Unterwuchses ist vorherrschend ein Fagionwald; stellenweise finden sich bereits deutliche Spuren der Vermagerung, der Umwandlung in einen azidiphilen Wald von Quercetum medioeuropaeum-Charakter.

Wir bringen ein Beispiel eines solchen Bestandes, in 560 m Meereshöhe. Die untersuchte Fläche betrug ca. 400 m². Lage flach. Boden saure Braunerde (s. Tab. 1, Nr. 7–9) mit Streuedecke.

Überständer (s. locker):
3 Fagus silvatica
3 Quercus (robur)
· *Pinus silvestris*
· *Picea excelsa.*

Jungbaumschicht (Durchm. der Stämme ± 10 cm), ziemlich dicht; Baumschichten zusammen Deckung von 70–80 %:
5 Fagus silvatica
1 Quercus (robur)

Strauchschicht, Deckung < 10 %:
2 Picea excelsa (eingepflanzt)
3 Fagus silvatica

Krautschicht, Deckung 20 %:
1 Picea excelsa-Keimpflanzen
1 Poa nemoralis
\+ *Festuca heterophylla*
2 Luzula nemorosa
\+ *Genista tinctoria* (geg. Wegrand)
\+ *Lathyrus montanus*
2 Oxalis acetosella
\+ *Hypericum pulchrum*
2 Hedera helix
3 Vaccinium myrtillus
Melampyrum pratense
2 Asperula odorata.

Tabelle 1 BÖDEN DES KOHLFIRST

Nr.	Ort der Probenentnahme	Bodentiefe in cm	frischer Boden	p H	Humusgehalt %	Färbung der Glührückstände	kolloid. Humus (0–4)
1.	Hang, *Carpinus*-Wald mit *Carex pilosa* SW. 520 m	0–5	dunkel-humos, mit Steinen	7,96	—	braunrot	0
2.	„	20	„	8,54	—	„	0
3.	„	0–5	„	7,40	—	„	1
4.	Plateau, *Fagus*-Wald, Streue, etw., *Oxalis u. Asperula*	0–3	dunkel-humos, reichl. Steine	4,70	18	ziegelrot	4
5.	„	5	hellbr.-pulver., reichl. kleine runde Steine	5,26	8	„	3
6.	„	20	„	5,36	4	„	2
7.	Plateau, *Fagus*-Wald mit *Vaccinium*	0–5	sandig-humos	4,70	11	„	4
8.	„	5	hellbr.-pulver., reichl. kleine runde Steine	4,57	6	„	3
9.	„	20	„	4,89	7	„	3
10.	Benken (Abist) 414 m, Querceto-Carpinetum	0–5	braun, sandig-humos, etw. Steine	5,59	3	„	2
11.	„	5	„	5,62	3	„	2
12.	„	5	„	5,71	3	„	1
13.	„	30	hellbr.-pulver. reichl. Steine	5,48	3	„	2

2. Irchel. Dieses große Deckenschotterplateau (ca. 5 km lang und 200 bis 1000 m breit) liegt in 650 bis 685 m Meereshöhe und ist vollständig bewaldet. Am Hang herrscht bis unmittelbar unter den Plateaurand Buchenwald mit viel Föhren. Auch reine Föhrenbestände sind verbreitet. Die Föhren dürften meist gepflanzt sein. An trocken-sonnigen Hängen finden sich Reste des Querceto-Lithospermetum; ein Teil der Buchenwälder enthält reichlich Eichen, stellenweise auch Hainbuche. Der Boden ist hier über dem Deckenschotter und auf der unten anschließenden Süßwassermolasse meist neutral oder sogar leicht basisch, und azidiphile Arten fehlen; eine Ausnahme machen gelegentlich vortretende kleine Rücken von sandiger Molasse, deren Boden recht mager ist.

Ganz anders verhält sich die Höhe des Plateaus. Hier herrscht in Form eines Mittelwaldes, der zum Hochwald aufwächst, auf weite Strecken hin eine azidiphile Vegetation von einem in unserem Mittellande ganz ungewohnten Charakter: Die Baumschicht besteht sowohl in dem Stockwerk der locker gestreuten Überständer als auch in der Jungbaumschicht zu etwa gleichen Teilen aus *Quercus* und *Fagus*. Die Jungbaumschicht enthält reichlich *Betula alba*, *Populus tremula* und spärlich *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, *Acer pseudoplatanus*. Zerstreut findet sich *Picea* als Überständer und als Jungwuchs, meist schlecht gedeihend und angepflanzt. *Pinus silvestris* ist im allgemeinen spärlich vorhanden. Unter den Stockausschlägen dominiert die *Eiche* über die *Buche*, die dafür reichlichere Jungpflanzen aufweist. Einzelne Teile des Plateaus tragen auch Laubholzhochwald, Buchenbestände mit eingesprengten Nadelhölzern und sehr wenig *Eichen*, so die Forrenirchel.

Über die krautige und strauchige Begleitflora orientiert uns die nachstehende Liste, die zwar nicht Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, aber alles Wesentliche einschließen dürfte. Zum besseren Überblick trennen wir nach azidiphilen, basiphil-neutrophilen und mehr oder weniger indifferenten Arten und scheiden ferner nach den Listen von Braun (1932) die Charakterarten des Quercion roboris (*), Fagion (**) und Quercion pubescentis-sessiliflorae (***) aus.

a) azidiphile Arten (*Pteridium*, *Festuca*, *Luzula nemorosa*, nur wenig ausgeprägt):

Pteridium aquilinum
Calamagrostis arundinacea (wenig)
Deschampsia flexuosa
* *Festuca ovina vulgaris*
Festuca heterophylla
Carex pallescens (wenig)
Luzula nemorosa
Luzula silvatica
* *Lathyrus montanus*
Frangula alnus
* *Hypericum pulchrum* (wenig)
Vaccinium myrtillus
Calluna vulgaris
* *Teucrium scorodonium*
* *Stachys officinalis* (wenig)
Veronica officinalis
* *Melampyrum pratense*
Hylocomium splendens
Hylocomium Schreberi
Catharinea undulata
Polytrichum commune.

b) neutrophile und basiphile Arten:

** *Milium effusum*
Melica nutans
Poa nemoralis
Brachypodium silvaticum
Carex brizoides
Carex montana
** *Carex silvatica*
** *Carex pilosa*

Carex diversicolor
** *Polygonatum multiflorum*
*** *Polygonatum officinale*
*** *Corylus avellana*
** *Carpinus betulus*
** *Fagus silvatica*
** *Anemone nemorosa*
Rubus sp.
*** *Trifolium medium*
Lathyrus vernus
** *Euphorbia amygdaloides*
** *Acer pseudoplatanus*
** *Viola silvestris*
Viola (Riviniana)
** *Daphne mezereum*
Epilobium montanum
Hedera helix
Lysimachia nemorum
Fraxinus excelsior
** *Lamium galeobdolon*
** *Asperula odorata*
Galium silvaticum
** *Phyteuma spicatum*
Prenanthes purpurea
Mnium marginatum

c) mehr oder weniger indifferente Arten:

Populus tremula
Betulus alba
Quercus robur
Quercus sessiliflora
Oxalis acetosella
Monotropa hypopitys
Lonicera xylosteum
Prenanthes purpurea
Hieracium murorum
Dicranum sp.
Drepanium cupressiforme
Fissidens taxifolia

Die azidiphilen Arten wiegen an Individuenzahl bei weitem vor, namentlich *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Luzula nemorosa*, *Luzula silvatica* und *Pteridium aquilinum*. Diese Arten bestimmen im Mittelwalde die Physiognomie des Unterwuchses. Die übrigen Azidiphilen finden sich meist spärlich eingestreut und werden nur an den lichten Stellen und Wegrändern etwas häufiger. Dies gilt auch von *Calluna*, die den dichteren Beständen überhaupt fehlt. Die neutrophilen Arten sind zwar größer an der Zahl, treten aber ganz zurück. Nur *Carex pilosa* herrscht in kleinen Flächen, vor allem im westlichen Teile, und *Asperula odorata* bildet da und dort gutwüchsige und fruchtende Kolonien. Bei genauerem Zusehen wird man aber die neutrophilen Arten und unter ihnen besonders die Fagion-Arten über das ganze Gebiet verbreitet finden, in bunter Mischung mit den herrschenden Azidiphilen und oft gut gedeihend. Im Hochwalde tritt die Bodenvegetation stark zurück, und diese Abnahme erfolgt größtenteils auf Kosten der azidiphilen Arten. So wird der Unterwuchs im Hochwald der Forrenirchel vor allem gebildet von *Carex pilosa*, *Asperula odorata*, *Oxalis acetosella* und *Luzula nemorosa*.

Eine größere Zahl von Bodenproben, über das ganze Plateau verteilt, wurden gesammelt (Tab. 2). Soweit meine Untersuchungen reichen, finden sich auf dem Plateau zwei verschiedene Bodenformen.

Tabelle 2

BÖDEN DES IRCHEL

Nr.	Ort der Probenentnahme (alle auf dem Plateau)	Bodentiefe cm	Wassergehalt %	Bodenskelett %	p H	Humusgehalt %	Färbung der Glührückstände	kolloid. Humus (0–4)	Ca CO_3 %
1.	Unt. *Fagus-Quercus* + *Vaccinium myrt.*	0–10	6	—	4,93	6	ziegelrot	1	—
2.	– *Asperula*	0–10	8	—	5,51	6,5	„	1	—
3.	– *Vaccin.* + *Deschampsia flex.*	0–10	10	—	4,86	8	„	2	—
4.	– *Asperula*	0–10	12	—	5,01	6	„	2	—
5.	– *Luzula silvatica*	0–10	12	—	5,19	6	hellrot	1	—
6.	– *Vaccin.*+*Asperula*	0–10	13	—	5,17	6,5	„	1	—
7.	–*Pteridium*+*Vaccin.*	0–10	13	—	4,73	8	ziegelrot	1	—
8.	– *Carex brizoides*	0–10	9	—	4,95	7	„	1	—
9.	– *Carex briz.*+*Asperula*+*Galium silv.*	0–10	8	—	4,62	6	„	2	—
10.	– *Carex pilosa* + *Asperula*	0–10	11	—	5,22	8	hellrot	2	—
11.	– *Asperula*	10	28	49	6,00	6	(graul.)	2	—
12.	„	25	24	41	6,00	4	ziegelrot	2	—
13.	„	70	22	53	5,59	5	„	1	—
14.	– *Vaccin.* + *Deschamps.* + *Moose*	5–10	28	36	4,98	6	„	3	—
15.	„	25	20	19	5,47	4	„	2	—
16.	„	70	20	23	5,44	3	„	1	—
17.	„	120	(24)	53	5,51	6	„	1	—
18.	– *Carex pilosa* + *Asperula*	5–10	34	32	5,86	10	„	2	—
19.	„	25	24	37	5,09	7	„	1	—
20.	„	60	23	16	5,12	5	„	1	—
21.	*Fagus*-Hochwald + *Oxalis* + *Carex pilosa*	5	37	7	5,39	3	„	3	—
22.	„	30	20	13	5,56	5	„	1	—
23.	– + *Asperula*	5–10	21	38	4,58	6	„	2	—
24.	„	25	19	9	4,93	5	„	2	—
25.	*Fagus*-Jungwuchs+ *Luzula silv.* + *Asperula*	2–10	22	20	5,20	7	„	3	—
26.	Schotteranschnitt, unt. *Quercus* + etw. *Fagus* + *Vaccin.*	10	23	31	4,82	6	„	3	—
27.	„	50	12	33	7,66	4	„	0	1
28.	„	120	14	52	7,93	—	ziegelrot m.	0	39
29.	„	170	14	66	8,48	—	weiß Körnch.	0	47
30.	*Fagus-Quercus*-Wald + *Festuca heterophylla*	5	—	—	5,86	6	rötlich	—	—
31.	– + *Lysimachia nemorum*	5	—	—	6,67	9	„	—	—
32.	Unter älterer *Fichte* (Rohhumus)	0–4	—	—	4,01	53	schwach rötl.	—	—
33.	„	0–3	—	—	4,05	22	„ „	—	—

Das eine ist die Verwitterungskrume des nackten Schotters. Dieser ist ursprünglich durch Kalziumkarbonat mehr oder weniger verfestigt und enthält auch Kalkgerölle. Durch die Verwitterung wird der Kalkzement gelöst, und im Laufe der Zeit sind auch die kalkigen Gerölle gelöst worden, so daß der Boden bis in eine Tiefe von etwa einem Meter restlos entkalkt ist. Entstanden ist ein feinerde- und humusarmer, sehr lockerer und in hohem Maße wasserdurchlässiger Boden. Für die Proben 11 bis 29 der Tabelle 2 wurde der Anteil des Bodenskelettes bestimmt, der in diesen Böden kaum unter 30% sinkt, aber bis weit über 70% steigen kann, sobald die größeren Steine mitgerechnet werden. Die Steine sind meist Quarze. Eine Mullschicht oder oberflächliche Humusschicht fehlt; die im Herbste reichlich fallende Streue verwittert sozusagen vollständig. Nur unter älteren Fichtenoberständern finden sich Anfänge einer Rohhumusschicht aus der Nadelstreue (Nr. 32). Der Boden weist keine Stratifikation auf, weder in der Lagerung noch in der Färbung. Er geht langsam in den verfestigten Schotter des Untergrundes über.

Stellenweise, besonders in den westlichen Teilen, liegt auf dem Schotter eine mehr oder weniger mächtige Schicht brauner Feinerde, die zum Teil ganz frei von Steinen ist. Vielleicht ist es teilweise in der Rißeiszeit angelagerte Moräne; zum größeren Teile wahrscheinlich aus den tiefer gelegenen Moränen und Sanderebenen ausgeblasener Staub (Löß), der lehmig degradiert ist. Diese Böden fallen durch ihren geringen Gehalt an Steinen in der Tabelle 2 gleich auf. Sie zeigen ebenfalls keine Stratifikation.

Alle Böden sind stark sauer, bis in mehr als 50 cm Tiefe mit einem pH, das um 5 schwankt. Dagegen ist die Umlagerung des Eisens (resp. der Sesquioxyde) noch wenig weit fortgeschritten; die Böden erscheinen nach dem Glühen noch ziegelrot, oft sogar intensiv gefärbt, nur vereinzelte mit einer hellroten Färbung. Graue Aschen erhielten wir nicht. Wir haben hier keinen Podsol vor uns, sondern eine degradierte Braunerde, einen leicht podsoligen Boden, der sich in seinen physikalischen Eigenschaften durch die leichte Wasserdurchlässigkeit und meist auch durch geringe Wasserhaltkraft auszeichnet. Dies führt in Zeiten geringen Niederschlags zu starker Austrocknung, wie sich aus den Werten der Böden Nr. 1 bis 10 von Tabelle 2 ergibt, die am 12. September 1932 gesammelt wurden.

und führt auch bei Aufsättigung zu keinem hohen Wassergehalt, wie die am 20. Dezember 1932 gesammelten Proben 11 bis 29 der Tabelle 2 zeigen.

Die Vegetation findet sich auf die beiden Bodenformen annähernd gleichartig verteilt, vielleicht mit der Einschränkung, daß Carex pilosa auf dem feinerdereichen Boden in reichlicheren Kolonien vorkommt. Wie aus der Tabelle der Bodenproben hervorgeht, wurden diese gleichmäßig unter der rein azidiphilen Vegetation, der neutrophilen und der gemischten entnommen, ohne daß der Änderung der Vegetation ein gesetzmäßiger Wechsel in der Bodenbeschaffenheit parallel gehen würde. Der Mittelwert aller bis in 10 cm Bodentiefe entnommenen Bodenproben ergibt unter der neutrophilen Begleitflora ein pH von 5,38, unter der azidiphilen ein pH von 5,05 also einen geringfügigen, wenngleich deutlich sichtbaren Unterschied.

3. Hiltenberg-Laubberg bei Eglisau. Das Schotterplateau dieses Hügels liegt in 480 bis 550 m Meereshöhe. Zum Teil wird es landwirtschaftlich genutzt (Äcker und Wiesen), zum Teil ist es bewaldet und trägt neben Pflanzungen von *Pinus* und *Picea* noch Laubwaldreste. In den Fichtenpflanzungen fehlt der phanerogame Unterwuchs beinahe gänzlich. Sie sind reich an Pilzen, tragen oft eine *Hylocomien*-Moosdecke und zeigen Anfänge der Bildung einer Rohhumusdecke. Dichte, reine Föhrenpflanzungen verhalten sich ähnlich. Meist sind aber die Föhrenpflanzungen locker, mehr oder weniger mit *Eichen* und *Buchen* durchsetzt, und auch *Lärchen* sind reichlich eingepflanzt. In diesen Wäldern ist die azidiphile Vegetation sehr verbreitet, besonders *Vaccinium myrtillus* und *Deschampsia flexuosa*, stellenweise auch *Hylocomien*decken. Aber in der Regel sind auch neutrophile Arten reichlich beigemengt, vor allem *Anemone nemorosa*, die im Frühling auf dem Waldboden ausgesprochen vorherrscht, wie in dem nachstehenden Beispiele.

Föhren-Hochwald (Stammdurchmesser ca. 20 cm) auf dem östlichen Hiltenberg, 520 m, flach, Boden etwas sandig mit leichter Humusschicht. Stellenweise Hylocomiendecke. Ca. 200 m². Deckung: Baumschicht ca. 80%, Strauchschicht 10%, Krautschicht 60–70%. Frühlings-Aspekt.

Baumschicht:	Strauchschicht:
5 Pinus silvestris	*Fagus silvatica*
+ *Larix europaea*	*Lonicera xylosteum*
1 Fagus silvatica	
1 Quercus (robur)	

Krautschicht:

2 Deschampsia flexuosa
1 Carex digitata
1 Luzula pilosa
2 Luzula nemorosa
4 Anemone nemorosa
1 Rubus sp.
1 Oxalis acetosella
2 Vaccinium myrtillus
1 Lysimachia nemorum

Moosschicht:

Scleropodium purum
Hylocomium Schreberi
Hylocomium splendens.

Eine ähnliche Stellung nimmt die Begleitflora auch da ein, wo die Laubhölzer in den Föhrenbeständen etwas reichlicher stehen. Im allgemeinen nehmen die azidiphilen Arten in diesen aufwachsenden Hochwäldern bei Zunahme des Laubholzes im Bestande ab. Reine Laubwälder sind auf dem Plateau nur noch wenige vorhanden. Wir geben nachstehend die Bestandesaufnahme eines Niederwaldes.

Buchen-Eichen-Niederwald am Weg vom Hiltenberg zum Laubberg, 520 m, flach. Alter des Bestandes ca. 20 Jahre. Boden etwas sandig (s. Tab. 3 Nr. 1–3) mit humoser Oberflächenschicht. 100 m². Deckung: Baumschicht 70%, Krautschicht 70%. Frühlings-Aspekt.

Baum- und Strauchschicht:

1 Picea excelsa } klein, unter-
\+ *Pinus silvestris* } gepflanzt
1 Carpinus betulus
\+ *Corylus avellana*
4 Fagus silvatica
4 Quercus (robur)
\+ Rosa sp.
\+ *Ligustrum vulgare* (Rand)

Krautschicht:

2 Deschampsia caespitosa
2 Carex montana
2 Luzula pilosa
2 Luzula nemorosa
1 Polygonatum multiflorum
4 Anemone nemorosa
1 Fragaria vesca
1 Rubus sp.
2 Oxalis acetosella
1 Vaccinium myrtillus
\+ *Teucrium scorodonia* (Rand)
2 Asperula odorata
2 Phyteuma spicatum
\+ *Hieracium murorum*

Moosschicht:

1 Hylocomium splendens
1 Hylocomium triquetrum
1 Polytrichum sp.

Im Bestande waren Strünke alter Überständer vorhanden. Stellenweise ging die Untervegetation in eine mehr grasige Variante über; stellenweise (namentlich unter herrschenden Eichen) nahm Vaccinium wesentlich zu.

In einem zum Hochwalde aufwachsenden Laubwaldbestande nahe dem nördlichen Rande des Plateaus *(Buchen* mit etwas *Linden, Eichen* und *Hainbuchen)* fehlten die azidiphilen Arten ganz. Die Bodenproben Nr. 4 bis 5 der Tabelle 3 wurden entnommen unter dominierender *Asperula* mit *Brachypodium silvaticum, Anemone nemorosa, Viola silvatica, Daphne mezereum, Hedera helix, Galium silvaticum.*

Tabelle 3 BÖDEN DES HILTENBERG-LAUBBERG

Nr.	Ort der Probenentnahme	Bodentiefe cm	frischer Boden	pH	Humusgehalt %	Färbung der Glührückstände	kolloid. Humus (0–4)	Ca CO_3 %
1.	Plateau, *Fagus-Quercus*-Niederwald + *Asperula*	± 5	zieml. hellbr., etw. sandig, wenig Steine	5,72	6	rot	2	—
2.	„	± 5	„	5,46	6	„	2	—
3.	– unt. *Vaccin.*	± 5	hellbraun, etw. sandig, wenig Steine	5,46	5	hellrot	2	—
4.	– Mischwald, dom. *Fagus*, unt. *Brachypod. silv.*	5	rötl.-braun, wenig Steine	4,85	5	ziegelrot	1	—
5.	– unter *Asperula*	10	hellbraun, wenig Steine	6,01	6	„	1–	—
6.	Südh'g, nahe Plateaurand Mischwald + *Asperula*	1–7	dunkelbraun, viel Steine	8,05	10	ziegelrot m. weiß. Körnern	0	21,5
7.	„	10–15	„	8,35	8	„	0	32,5
8.	Westhang, 400 m, *Quercus-Fagus*-Wald, etw. *Pinus*	0–5	grau-sandig, reichlich kl. runde Steine	4,81	3	hellrot	2	—
9.	„	0–5	„	5,31	5	„	2	—
10.	„	20	„	5,09	3	„	1	—
11.	„	20	„	4,85	3	ziegelrot	2	—
12.	– *Fagus-Quercus*-Wald	0–5	braun, hart, etw. runde Steine	6,50	8	„	1	—
13.	„	0–5	dunkelbraun, pulverig, wenig Steine	6,64	ca. 13	„	1	—
14.	„	20	braun, pulv'g, rundl. Steine	7,26		„	0	
15.	– *Quercus-Carpinus*-Wald	0–5	dunkelbraun, pulverig, rundl. Steine	6,64	6	„	1	—
16.	„	5	braun, pulv'g, etw. Steine	5,59	3	„	1	—
17.	„	5	„	5,93	6	„	1	—
18.	„	20	„	5,43	3	„	1	—
19.	– *Tilia* (+ *Quercus, Carpinus*) + *Carex silv.*	5	hellbraun, pulverig wenig Steine	5,46	6	„	2	—
20.	– + *Asperula*	5	„	5,51	9	„	3	—
21.	„	5	„	5,06	2	„	3	—

Als Ganzes erhalten wir den Eindruck, daß diese Hochfläche ohne die Einwirkung des Menschen einen Fagetumwald tragen würde, in einer für den entkalkten und ziemlich versauerten Boden charakteristischen Form. Durch die Bewirtschaftung, namentlich durch die Nadelholzpflanzungen, ist aber eine ausgesprochene Verschlechterung eingetreten.

Die Hänge tragen auf der Schattseite Fagetumvegetation, stellenweise mit Fichten- und Föhrenpflanzungen; auf der Süd- und Westseite gewinnen neben der immerhin noch herrschenden Buche die Eiche, Hainbuche und Linde in Beständen von Mittelwald- und Niederwaldcharakter sehr an Raum. Ein bedeutender Teil der Bestände sind zum Querceto-Carpinetum zu rechnen. Aus solchen Beständen, in denen allerdings teilweise noch die Buche herrscht, teilweise auch Anklänge an das Querceto-Lithospermetum vorhanden sind, stammen die Bodenproben 6 bis 21 der Tabelle 3. Der Boden ist in den obersten Teilen des Hanges Deckenschotter, tiefer unten sandig verwitternde Molasse.

4. Deckenschotter-Plateau südlich von Weiach (Stock ca. 400–450 m, Sanzenberg 540–580 m, Stadlerberg-Haggenberg 620–630 m, Stein 400–450 m). Herr Forstmeister P.-D. Dr. H. Großmann war so freundlich, mich auf einer Begehung dieses Gebietes zu begleiten und Auskunft über die Bewirtschaftung zu geben.

Die Vegetation der Hänge dieser Plateaus ist in viel weitgehenderer Weise durch Fichten- und Föhrenpflanzungen beherrscht (mit Lärchen und etwas Abies), die auf Boden und Untervegetation eine ausgesprochen verschlechternde Wirkung ausüben, als am Irchel und am Hiltenberg. Doch sind auch noch Buchenbestände vorhanden, vor allem am Stein. Wir geben in Tabelle 4 Nr. 1 bis 4 die Analysen von zwei Braunerde-Bodenprofilen, die aus Buchenbeständen mit *Asperula*-Unterwuchs der Schattenlagen am Hiltenberg und Stock stammen.

Die Vegetation der Hochflächen erinnert sehr an den Irchel, unterscheidet sich aber durch die allgemein vorherrschenden Föhren-Mischbestände und ist alles in allem noch magerer als dort. Ursprünglich war hier ebenfalls ein Laubmittelwald oder Laubniederwald. Er wurde aber schon vor längerer Zeit durch die Anpflanzung von

Föhren in Nadelhochwald übergeführt, dem stets mehr oder weniger Buchen, Eichen und Birken beigemischt sind. Auf dem Stein ist ein ganzes Bauerngut mit Fichten aufgeforstet worden und völlig verschwunden. Der noch verbliebene Laubmittelwald wird jetzt ebenfalls in Hochwald übergeführt. Wir wollen für die verschiedenen Teilplateaus die Gebiete, denen die Bodenproben entnommen wurden, noch genauer betrachten. Die Bodenproben sind in Tabelle 4 zusammengestellt und enthalten auch den Wassergehalt (Frühwinter 1932), der im allgemeinen niedrig ist, aber bei höherem Humusgehalt stark ansteigt.

Stock: Hier am Nordhange (bis 25° Neigung) und auf einem kleinen Plateau herrscht die gepflanzte *Waldföhre*, mit sehr wenig eingesprengter *Fichte*. *Buche* und *Eiche* sind als einzelne unterdrückte Stämmchen im Unterholze ungefähr gleich häufig. Die Begleitflora ist ausgesprochen azidiphil und artenarm:

Pteridium aquilinum (häufig)
Deschampsia flexuosa (s. häufig)
Luzula silvatica (häufig)
Luzula nemorosa (häufig)
Festuca ovina
Frangula alnus
Hypericum pulchrum (häufig)
Vaccinium myrtillus (dom.)
Calluna vulgaris (stellenweise)
Teucrium scorodonia
Hylocomium splendens
Hylocomium Schreberi
Scleropodium purum
Drepanium cupressiforme
Dicranum undulatum
Polytrichum juniperinum.

Daneben fanden sich, aber meist nicht häufig:

Carex digitata
Corylus avellana
Anemone nemorosa
Fragaria vesca
Rubus sp. (häufig)
Hedera helix (häufig)
Oxalis acetosella
Asperula odorata (s. wenig).

An den Stellen mit etwas mehr kleinen Buchen gehen die ausgesprochen azidiphilen Arten zurück, was von den Förstern der Wirkung der Laubstreue zugeschrieben wird.

Die Böden (Tab. 4 Nr. 5 bis 15) sind bis in beträchtliche Tiefen entkalkt und sehr sauer. Wir haben hier mehrmals Werte von pH unter 4 gefunden, Säuregrade, die wohl bisher durch Minderalböden aus dem Mittellande nicht überboten worden sind. Sie sind im Gegensatze zu den meisten Irchelböden auch reich an kolloid ungesättigtem Humus, vielleicht als Folge der Nadelholzpflanzungen und der sehr verbreiteten Moosdecken. Stellenweise, besonders unter den Fichten und an Stellen mit Moosdecke, sind Anfänge einer sauren Humus-

decke vorhanden (s. z. B. Nr. 8, 11, 15). Das Bodenprofil zeigt keine deutliche, makroskopisch sichtbare Schichtung, obschon die Umlagerung des Eisens weiter gegangen ist als am Irchel. Da und dort wird bereits eine etwas hellere Färbung der oberen Bodenschichten deutlich. Wir müssen auch diese Böden zu den podsoligen Braunerden zählen. Es liegt nahe, ihre besonders ungünstige Beschaffenheit als Folge der lange dauernden Bepflanzung mit Föhren zu betrachten. Auffallend ist hier, wie am Irchel, die starke Verschlechterung unter den Rohhumusschichten.

Sanzenberg: Trägt auf dem Plateau *Föhren*wald, zum Teil mit reichlicher *Buche*, reichlicher, untergepflanzter *Fichte* und etwas *Eiche*. Auch *Lärche* und *Tanne* sind eingepflanzt; die letztere gedeiht stellenweise im Jungwuchse gut. Der Unterwuchs besteht aus den gleichen Azidiphilen, wie im Stock, meist noch einseitiger zusammengesetzt, also mit dominierenden *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Pteridium aquilinum;* an offenen Stellen breitet sich *Calluna* aus, und stellenweise bedecken Moosdecken den Boden *(Hylocomien*, *Scleropodium purum*, etwas *Polytrichum)*. Neutrophile Arten treten vollständig zurück oder fehlen. Das ganze Vegetationsbild wirkt in seiner Eintönigkeit und Armut fremdartig und bedrückend.

Der Boden (Tab. 4 Nr. 16 bis 21) besteht im allgemeinen aus tiefreichender Feinerdeschicht, die etwas Steine enthält (meist gerundete Quarze) oder stellenweise ganz frei von Steinen ist. Auch hier handelt es sich wohl um degradierten Löß, vielleicht da und dort auch um Rißmoräne. In der übrigen Beschaffenheit schließt er sich den Böden des Stock an.

Haggenberg-Stadlerberg: Die Vegetation stimmt mit derjenigen des Sanzenberges überein. Von neutrophilen Arten haben wir nur *Anemone nemorosa* gefunden, in zahlreichen Kolonien, aber sichtlich mit verringerter Vitalität. Ein Teil der durchgangenen Gebiete war etwas besser: Unter dem Buchen-*Föhren*-Mischwald mit etwas *Eiche* und *Fichte* deckte Laubstreue den Boden, und die Krautvegetation war sehr spärlich entwickelt. Sie bestund aus *Luzula nemorosa*, *Anemone nemorosa*, *Oxalis* und *Rubus; Vaccinium*, *Deschampsia*, *Calluna* und *Pteridium* wurden hier nicht bemerkt. Der Boden verhielt sich aber wie auf dem übrigen Plateau (s. Tab. 4 Nr. 22).

Tabelle 4 BÖDEN DER WEIACHERBERGE

Nr.	Ort der Probenentnahme	Bodentiefe cm	Wassergehalt %	pH	Humusgehalt %	Färbung der Glührückstände	kolloid. Humus (0–4)	Ca CO_3 %
	Berghang							
1.	Exp. N, *Fagus* + *Asperula*	0–5	24	7,55	8	dunkelrot	1	4,5
2.	„	25–30	27	6,41	7	„	0	1
3.	Exp. SE, *Fagus* + *Asperula*	10	32	7.59	21	„	0	1
4.	„	30	24	8.49	9	„	0	8
	Stock							
5.	Waldr'd, unt. *Calluna*	10	22	5,63	6	ziegelrot		—
6.	„	80	18	5,29	9	„		
7.	*Pinus*-Wald+*Calluna*	10	25	4,47	8	„		—
8.	– unt. kl. *Fagus*, *Vaccin.*, *Scleropodium*	5	57	3,94	48	hellrot	4	·
9.	„	20	18	4,60	4	ziegelrot		
10.	„	50	14	4,86	3	„	1	–
11.	*Pinus*-Wald+*Vaccin.*, *Desch.*, Moosdecke	5	67	3,82	73	rötlich	4	
12.	„	20	20	4,70	4	ziegelrot		
13.	*Pinus*+*Fagus*, *Oxalis*, reichl. Laubstreu	3–5	32	4,49	17	„	4	·
14.	„	20	19	4,60	6	„		—
15.	Unter großer *Picea*	0–2	47	4,94	50	„	3	
	Sanzenberg							
16.	*Pinus*-Wald+*Vaccin.* + Moosdecke	2–5	38	4,65	18	„		
17.	„	10	24	4,70	7	„	3	·
18.	„	60	19	4,98	4	„		—
19.	– + *Calluna*	10	29	4,62	8	„		
20.	*Pinus*(+*Querc.*, *Fagus*) + *Vaccin.*, *Deschamps.*	10	23	4,79	7	„		· ·
21.	„	45	15	4,86	3	„	1	
	Haggenberg							
22.	*Fagus* (+*Pinus*, *Quercus*) Laubstreu	10	26	4,44	12	hellrot	4	
	Stein							
23.	Laubmischwald, dom. *Quercus*+*Brachypod.*	10	19	5,78	6	ziegelrot		·
24.	„	35	16	6,91	4	„		
25.	Laubm., *Fagus*(+*Quercus*, *Pinus*)+*Vaccin.*, *Deschampsia*, *Hedera*	10	15	4,51	5	hellrot		
26.	*Fagus*, *Quercus*, *Pinus* + *Calluna*	2–5	24	3,97	10	„		
27.	„	45	16	4,88	4	„		
28.	*Pinus*(+*Fagus*, *Querc.*) *Vaccin*, *Deschampsia*	5	25	4,62	6	ziegelrot	3	·
29.	„	20	20	4,90	5	„	2	· ·
30.	*Pinus* + kl. *Fagus* + *Quercus*, Streuedecke	5	21	4,26	9	„		
31.	Lichtung m. *Calluna*-Bestand	10	21	5,17	5	hellrot		·
32.	Lichtung mit *Abies*-Pflanzung	5–10	22	4,88	5	ziegelrot		—

Stein: Im südwestlichen Teile fanden wir einen aufwachsenden *Eichen*-Niederwald (ehemaliger Schälwald) mit etwas *Buche*, sehr wenig *Föhre* und mit reichlichem Gebüsch (*Juniperus*, *Salix sp.*, *Populus tremula*, *Crataegus sp.*, *Prunus avium*, *Prunus spinosa*, *Frangula alnus*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*) und einem krautigen Unterwuchs, in dem *Brachypodium pinnatum* herrschte, aber bereits einzelne azidiphile Arten eingestreut waren (z. B. *Vaccinium myrtillus* und *Teucrium scorodonia*). Der Boden war oberflächlich mäßig versauert, in der Tiefe von 35 cm neutral (Tab. 4 Nr. 23/24). Dieser Übergang vom neutralen zum sauren Eichenwald war in der Nähe besser entwickelt, unter herrschender *Buche* (Tab. 4 Nr. 25).

Im Hauptteile des Stein-Waldes überwiegen *Föhren* mit reichlich *Buchen* und *Eichen* und azidiphiler Begleitflora, wie sie für den Stock angegeben wurde. Der Boden besitzt im allgemeinen eine dicke, steinfreie Oberflächenschicht und verhält sich wie auf den übrigen Hochflächen von Weiach (Tab. 4 Nr. 26/30). *Calluna* ist hier stellenweise längs der Wege und sobald der Bestand licht wird, reichlich und üppig entwickelt. Der Boden Nr. 31 der Tabelle 4 entstammt einem solchen offenen Callunetum in der Nähe des Westrandes des Plateaus. Im *Calluna*bestand wuchsen hier *Molinia coerulea*, *Deschampsia flexuosa*, *Berberis vulgaris*, *Potentilla erecta*, *Rubus sp.*, *Genista germanica*, *Peucedanum cervaria*, *Teucrium scorodonia*, *Stachys officinalis*. Ferner waren kleine Exemplare von *Föhre*, *Eiche* und *Buche* eingestreut.

Aus einer mit *Abies alba* bepflanzten Lichtung, die einen verhältnismäßig gutwüchsigen Boden aufweisen soll, stammt die Bodenprobe Nr. 32 der Tabelle 4.

5. Das Plateau des Hasenberges. Es liegt zwischen dem Tale der untern Limmat und der unteren Reuß in etwa 680 bis 790 m Meereshöhe und ist zum großen Teile von Moräne bedeckt. Neben dem Walde finden sich auch einzelne Berghöfe mit Acker- und Wiesland, und die Hänge sind großenteils bebaut. Der Wald des Plateaus ist sehr mannigfaltig. Als Ganzes genommen herrschen die *Buchen*bestände vor, zum Teil in sehr schöner Ausbildung; daneben gibt es ausgedehnte *Fichten*-Reinbestände, die sich ohne weiteres als Pflanzungen kennzeichnen. Ein Teil der Laubgehölze wurde bis vor kur-

zem als Mittelwald oder auch als Niederwald genutzt und wird jetzt in Hochwald übergeführt. Besonders in diesen Gehölzen sind den *Buchen* oft reichlich *Eichen* beigemischt, da und dort, namentlich auf den mehr oder weniger gegen Süden oder Südwesten geneigten Flächen auch die *Hainbuche* und andere Gehölze. Bei Sennhof finden sich offene *Fraxinus*-Bestände mit etwas *Quercus* und *Carpinus* und zerstreut stehenden, mächtigen *Buchen*-Überständern, in denen in dichtem Schlusse *Abies* aufwächst. So ergibt sich die Mannigfaltigkeit in erster Linie als eine Folge der Kulturmaßnahmen des Menschen.

Tabelle 5 BÖDEN DES HASENBERGS

Nr.	Ort der Probenentnahme	Bodentiefe cm	frischer Boden	pH	Glühverlust %	Färbung der Glührückstände	kolloid. Humus (0–4)
1.	*Fagus*-Wald mit *Asperula*	5–10	gelbbraun, steinreich	5,60	11	ziegelrot	2
2.	*Carpinus*-Wald (+ *Quercus*, *Fagus*)	5–10	braun, reichlich Steine	5,07	8	„	4
3.	„	5–10	„	4,78	7	„	3
4.	*Fagus-Quercus*-Wald mit *Vaccin.*	0–3	humos, steinreich	4,37	15	„	4
5.	„	5–10	gelbbr., steinr.	4,69	6	„	3
6.	„	5–10	„	4,54	10	rötlich	4
7.	„	25	braun,steinreich	4,71	5	ziegelrot	3

Die Untervegetation dieser Wälder ist vorwiegend die des Fagetums; in einzelnen der aufwachsenden Mittel- und Niederwälder treten die azidiphilen Arten des Quercetum medioeuropaeum stark hervor; in den Fichtenwäldern ist die Krautvegetation spärlich; oft herrscht auf große Strecken hin *Oxalis*.

Wir geben als Beispiel die Aufnahme eines Fagusbestandes nahe dem höchsten Punkte (100 m²) (= a) und eines kleinen Carpinusbestandes (ca. 200 m²) am Südhange (5–10°) nahe der Wirtschaft Hasenberg, 730 m (= b). Der Boden ist unter den beiden Beständen Moräne. Die Deckung der Baumschicht war in beiden Fällen etwa 90%; Strauchschicht bei a ganz unbedeutend, bei b etwa 20%; Deckung der Krautschicht bei a etwa 40%, bei b 70%.

a ist Hochwald, b aufwachsender Niederwald (Durchmesser der Stämme rund 20 cm). Der Boden ist im Fagushochwald (Tab. 5 Nr. 1) weniger sauer als im Carpinusmittelwald (Tab. 5 Nr. 2–3).

Baumschicht:	a	b
Carpinus betulus		4
Betula alba		+
Alnus glutinosa		+
Fagus silvatica	5	2
Quercus (robur)		1
Prunus avium		+
Acer pseudoplatanus	1	+
Strauchschicht:		
Abies alba		4
Picea excelsa		1
Fagus silvatica		3
Acer pseudoplatanus		1

Krautschicht:	a	b
Dryopteris filix mas	+	+
Milium effusum	1	1
Carex silvatica	1	1
Rubus sp.	2	2
Euphorbia amygdaloides		+
Geranium robertianum		+
Oxalis acetosella	3	3
Viola silvatica	2	1
Hedera helix	3	4
Fraxinus exc.-Keimling		+
Lamium galeobdolon	2	2
Asperula odorata	3	2
Phyteuma spicatum	2	+
Prenanthes purpurea	1	1

Der floristische Unterschied der Begleitflora ist zwischen den beiden Beständen nur gering und in keiner Weise charakteristisch. In der Nachbarschaft gibt es auch Buchenbestände mit eingesprengten *Carpinus*, *Quercus*, *Betula alba*, *Acer pseudoplatanus* und *Acer platanoides*, in deren krautiger Fagetumbegleitflora Arten vorkommen, die Braun als Charakterarten des Querceto-Carpinetums anspricht (neben *Carpinus Pulmonaria officinalis* und *Primula elatior*).

Schließlich bringen wir die Bestandesaufnahme eines vermagerten Waldes aus dem aufwachsenden Niederwald und Mittelwald des Plateaus westlich des Egelsees (ca. 740 m), auf Deckenschottern. Der Boden trägt eine reiche Streuedecke. Die Erde ist steinig-sandig, entkalkt und stark sauer, aber nicht podsoliert (Tab. 5 Nr. 4–7). Die untersuchte Fläche umfaßt etwa 2000 m². Die Zusammensetzung des Oberwuchses und des Unterwuchses bleibt über eine große Strecke hin unverändert: es herrschen *Vaccinium*, *Pteridium* und *Luzula*, während die Fagionpflanzen zwar mit größerer Artenzahl vorhanden sind, als die azidiphilen Arten, aber an Individuenzahl stark zurücktreten und nur selten zu deutlichen Kolonien zusammentreten. Die Bodendeckung durch die Krautpflanzen ist allerdings sehr gering. Eine Strauchschicht fehlte.

Oberwuchs (ziemlich geschlossen; Durchm. der Stämme 5–30 cm):

+ *Picea excelsa*
+ *Betula alba*
5 Fagus silvatica
2 Quercus (robur)
+ *Ulmus montana*

Krautschicht (Deckung 2–5%):

3 Pteridium aquilinum
+ *Milium effusum*
+ *Carex digitata*
+ *Carex pilosa*
1 Luzula pilosa
3 Luzula nemorosa
+ *Polygonatum multiflorum*
+ *Fagus-Keimlinge*
1 Anemone nemorosa
2 Rubus sp.
1 Oxalis acetosella
+ *Viola silvatica*
+ *Hedera helix*
+ *Monotropa hypopitys*
4 Vaccinium myrtillus
+ *Asperula odorata*
+ *Fraxinus excelsior-Keimlinge*
1 Lonicera xylosteum
+ *Galium silvaticum*
+ *Prenanthes purpurea*
+ *Hieracium murorum.*

Überblick über die Ergebnisse. Auf den frühdiluvialen Dekkenschottern der Nordschweiz, welche die ältesten Böden des ehemals vergletscherten Gebietes tragen, sind die Böden bis in beträchtliche Tiefe (meist mehr als 1 m) völlig entkalkt und stark versauert. Die Mittel für die Azidität der oberflächlichen Bodenschichten (0–10 cm) ergeben folgende Werte:

Kohlfirst, 4 Proben	= pH 4,81
Irchel, 21 Proben	= pH 5,12
Hiltenberg, 5 Proben	= pH 5,50
Weiacherberge, 17 Proben	= pH 4,64
Hasenberg, 6 Proben	= pH 4,84
Gesamtmittel von 53 Proben	= pH **4,95**

Die Ausbildung eines B-Horizontes ist nirgends beobachtet worden, auch nicht das Auftreten von Fleckungen in den oberen Bodenhorizonten, wie es für beginnende Podsolierung charakteristisch ist. Die Feinerde ist gleichmäßig braun gefärbt, gelegentlich in den obersten Bodenschichten etwas heller, und geht an den beobachteten Stellen (auf Schotter) nach unten ohne deutliche Grenzschicht in den mineralischen Rohboden über. Die Humuseinlagerung ist nicht groß, der Gehalt an kolloid ungesättigtem Humus wechselnd. Humusdecken fehlen im allgemeinen und treten nur unter Moosdecken oder Nadelholzbeständen auf, vor allem unter den gepflanzten Fichten, was zu einer deutlichen Bodenverschlechterung führt. Die reichliche Laubstreue zersetzt sich vollständig. In geringem Umfange hat aber eine Wanderung der Sesquioxyde in diesen Böden doch stattgefunden, was sich auf einfache Weise durch das Glühen

der Böden nachweisen läßt, indem die obersten Bodenschichten infolge der Auswaschung und Umlagerung des färbenden Eisens häufig eine heller rote Färbung aufweisen als die tieferen Schichten oder die Rohböden. Entsprechende Verhältnisse finden wir auch in den Teilen der Deckenschotterplateaus, die während der Eiszeit eine leichte Decke von Moräne oder Löß erhalten haben[1]). Alle diese Böden sind noch zu den Braunerden zu rechnen und müssen als degradierte Braunerde oder podsolige Braunerde bezeichnet werden. Podsole wurden keine gefunden.

Auf diesen Böden findet sich in weitestem Umfange eine azidiphile Waldvegetation. Wenn wir von den Reinbeständen der Waldföhre und der Fichte absehen, die der Waldkultur ihre Entstehung verdanken, so sind es überall Laubwälder, die bis in die neueste Zeit als Mittelwälder bewirtschaftet wurden, jetzt aber langsam in Hochwald übergeführt werden. Ältere Hochwälder treten zurück. In der Baumschicht dieser Wälder herrschen etwa zu gleichen Teilen die Buche und die Eiche; verhältnismäßig häufig sind Birke und Zitterpappel; andere Laubgehölze, Föhren und Fichten, sind eingesprengt und durch die Kultur oft außerordentlich angereichert. Diese Wälder müssen dem Quercetum roboris medioeuropaeum, in der von Braun gegebenen Fassung eingegliedert werden. Nach der Gliederung von E. Rübel (1932, S. 499) gehört ein großer Teil von ihnen zum Fagetum ericaceosum. Am schönsten ist dieser Bestandestyp auf dem Irchel und den Bergen südlich von Weiach ausgebildet. Stets finden sich aber in den sauren Eichenwäldern auch neutrophile Arten des Fagionverbandes. Fagionwälder in der Form des Fagetum praealpino-jurassicum und des Querceto-Carpinetum sind an den Hängen der Schotterhochflächen verbreitet und gehen in der Variante, der die Kalkpflanzen fehlen, auch auf die Plateaus hinauf, wo alle Übergänge zum azidiphilen Eichenwald mit dominierender und zurücktretender Buche vorhanden sind. Auf Kohlfirst, Hiltenberg und Hasenberg herrschen auch auf dem Plateau die Fagionwälder vor und ist der azidiphile Eichenwald nur lokal oder gar nur fragmentarisch ausgebildet.

---

[1]) Es wäre von Interesse bei Lößüberlagerung, die eine alte Bodenoberfläche ohne mechanische Zerstörung überdeckt, die Kontaktschichten genauer zu verfolgen.

Wir erhalten den Eindruck, als ob sich in diesen Gebieten eine langsam vor sich gehende und mancherorts erst in den Anfängen stehende Sukzession von den Fagionwäldern zu den azidiphilen Eichenwäldern vollziehe. Ist nun wirklich das Quercetum roboris medioeuropaeum der Klimax dieses Gebietes, wie Braun-Blanquet es annimmt? Es stellen sich dagegen verschiedene Bedenken ein. In erster Linie nennen wir die Bewirtschaftung der Wälder durch den Menschen. Wir haben gesehen, daß hier, soweit wir in die Vergangenheit zurückblicken können, ein Mittelwaldbetrieb herrschte, bei dem die Überständer stellenweise so lose standen, daß alle Übergänge zum Niederwalde vorhanden waren. Bei dieser Wirtschaftsweise wurden unter den Bäumen die lichtliebenden Arten begünstigt und diejenigen, die leicht Stockausschläge erzeugen oder sich durch Anflug rasch erneuern. Das sind vor allem die Eichen, die Birken, die Pappeln und die Hainbuchen, während die Buchen benachteiligt erscheinen. In gleicher Weise wurde die Bodenvegetation durch die regelmäßige Abholzung beeinflußt. Die neutrophilen Fagionarten sind meist zugleich schattenliebend, die azidiphilen Arten des Quercetum roboris lichtliebend. Durch die in kurzen Zwischenräumen erfolgende Lichtstellung der Bodenvegetation werden die Fagionarten geschädigt, die Quercetum roboris-Arten begünstigt. Die letzteren breiten sich nach jedem Kahlschlage aus und entwickeln sich üppig. Mit zunehmendem Schatten gehen die meisten von ihnen zurück, bleiben größtenteils steril und kommen im geschlossenen und dichten Hochwald nicht zur Geltung. Hier finden wir die Charakterarten des Quercion roboris-Verbandes, die Braun angibt, mit Ausnahme der wenig treuen Melampyrum pratense und Lathyrus montanus nur an Waldrändern, Waldwegen und Lichtungen, und die Mehrzahl der übrigen Azidiphilen verhält sich ebenso. Diese Gesetzmäßigkeit kann man auf den Deckenschotter-Hochflächen vielerorts beobachten; aber sie tritt auch außerhalb dieses Gebietes immer wieder auf.

So wird, wenn wir im übrigen gleiche Konkurrenzkraft voraussetzen, durch den Mittelwald- und Niederwaldbetrieb die Quercion roboris-Vegetation gegenüber der Fagionvegetation in hohem Maße begünstigt.

Die moderne Waldwirtschaft lehrt, daß durch die Kahlstellung der Waldböden eine Verschlechterung des Bodenzustandes eintritt, als

Wirkung der freien Austrocknung und der Verschlammung der obersten Bodenschichten durch die ungehemmten Niederschläge. Nun sind unbestrittenermaßen die Böden des Deckenschotters von Natur aus sehr ungünstig beschaffen, nährstoffarm, feinerdearm, und infolge der Armut an Feinerde und der großen Durchlässigkeit sind sie der starken Auswaschung und der weitgehenden Austrocknung ausgesetzt. Infolge der Untergrundbeeinflussung gilt dies in ziemlichem Umfange auch für die auf den Schotter aufgelagerten Staub- oder Moränenschichten. Diese Böden sind für Störung des natürlichen Gleichgewichtes, das bei der Verwitterung entsteht, besonders empfindlich, und eine für den Boden unzweckmäßige Bewirtschaftung wird sich leicht in einer Bodenverschlechterung äußern, die über die durch Allgemeinklima und Rohboden gegebene Gleichgewichtslage hinausgeht. Dadurch werden wiederum die azidiphilen Arten begünstigt.

Auch viel jüngerer, erst in der letzten Eiszeit abgelagerter Schutt, wenn er zur Bodenbildung ungünstige Verhältnisse bietet, trägt Böden, die stark versauert sind und ausgesprochen azidiphile Vegatation aufweisen. Das gilt nicht nur für das stark humide Alpengebiet, sondern auch für das trockene Gebiet der Nordschweiz. Braun macht aufmerksam auf ein fragmentarisches Quercetum mediocuropaeum bei Eglisau, und wir haben auf der dortigen Niederterrasse, die aus der letzten Eiszeit stammt, gepflanzte Föhrenwälder gefunden, in deren Unterwuchs, ganz ähnlich wie auf dem älteren Deckenschotter, die neutrophilen Fagionarten zur Seite gedrückt wurden durch in Ausbreitung befindliche Vegetation des azidiphilen Eichenwaldes. Über die Beschaffenheit der zugehörenden Böden geben die Bodenproben Nr. 1 bis 3 der Tabelle 6 Aufschluß. Auch hier wird die Verschlechterung von Boden und Vegetation sichtlich durch die Waldkultur gefördert. Weit ältere Hochterrassenböden bei Rafz (Tab. 6 Nr. 4 6) sind keineswegs von ungünstigerer Beschaffenheit.

Die Bodenbildung geht auf einem stabilisierten Grunde in den ersten Stadien verhältnismäßig rasch vor sich und erreicht einen Gleichgewichtszustand mit den Faktoren des Allgemeinklimas, der sich nur noch langsam und in unbedeutendem Maße ändert. Die Böden der oben erwähnten Niederterrasse sind schon längst ausgereift und nähern sich den viel älteren Böden der Deckenschotter.

Tabelle 6 BÖDEN DER NIEDERTERRASSE UND DER HOCHTERRASSE BEI EGLISAU–RAFZ

Nr.	Ort der Probenentnahme	Bodentiefe cm	frischer Boden	p H	Glühverlust %	Färbung der Glührückstände	kolloid. Humus (0–4)	Ca CO_3 %
	Niederterrasse bei Eglisau							
1.	Föhrenwald + *Oxalis*	5	*reich an runden Steinch.*	5,14	7	rötlich		—
2.	– + *Asperula*	5	„	5,51	7	„		—
3.	–+*Deschampsia flexuosa*	5	„	5,45	10	„		—
	Hochterrasse beim Zollhaus Rafz							
4.	*Fagus*-Wald + *Carex pilosa, Oxalis*	5	hellbraun	5,30	5	ziegelrot	2	—
5.	Waldrand, unt. *Calluna* und *Cytisus sagittalis*	10–20	„	5,70	4	„	1	—
6.	„	200	hellbraun, steinreich	7,93	6	„	0	2

Auch diese sind noch nicht maximal verschlechtert. Podsolierungen haben wir auf ihnen nirgends gefunden, und das Wachstum der auf ihnen stockenden Vegetation ist, als Ganzes genommen, nicht schlecht. Wenn sie uns das Maß abgeben sollten für den absoluten Endpunkt der Bodenentwicklung im tief gelegenen Teil des schweizerischen Mittellandes, so ist das Endprodukt auf keinen Fall ein Podsol, wie ihn die Theorie für die Quercion roboris-Wälder verlangt (s. namentlich Tüxen 1930, 1931, 1933, ferner auch Faber 1933). Der klimatische Endwert der Bodenbildung im Mittellande, der Bodenklimax, wird durch eine podsolige, saure Braunerde gebildet. Die Böden der Diluvialschotter sind eine durch Ausgangsmaterial und Bewirtschaftung besonders ungünstige Variante des Klimax, die aber den Zustand der Podsolierung nicht erreichen. Sie scheinen vielmehr ihren Zustand mit großer Beharrlichkeit festzuhalten und können wahrscheinlich die durch unzweckmäßige Bewirtschaftung bewirkte Verschlechterung wieder großenteils ausgleichen. Dabei scheint mir die große Durchlässigkeit der Böden nicht ohne Einfluß zu sein; denn die leicht eintretende Austrocknung der oberen Bodenschichten muß einen aufsteigenden, verhältnismäßig nährstoffreichen Wasserstrom mit sich bringen.

Richtige Podsole treten, soweit das Fagiongebiet reicht, jedenfalls nur ganz vereinzelt auf. Die einzigen mir bekannten sind von H. Geßner und R. Siegrist 1925 von Hochterrassenschottern bei Aarau beschrieben worden. So ist es wenig wahrscheinlich, daß wir gerade im trockenwärmsten Teile des Mittellandes, im Schaffhauserbecken, den Podsol als Bodenklimax finden sollten.

Gegen die Annahme des azidiphilen Eichenwaldes als Klimax spricht auch der Gang der postglazialen Waldentwicklung, wie sie für das Mittelland zuerst von E. Neuweiler (1910) auf Grund der Statistik der subfossilen Holzfunde begründet wurde und dann durch die Pollenanalyse ihre Ausgestaltung erhielt (s. P. Keller, 1928). Besonders schön zeigt die Pollenkurve der Eiche einen Abfall in der spätern Postglazialzeit. Die Dominanz der Eiche fällt in das frühe Neolithikum, und in den obersten Schichten der Ablagerungen tritt sie sehr stark zurück gegenüber Buche, Tanne und Fichte. Wäre der azidiphile Eichenwald Klimax, so müßte der umgekehrte Vorgang erwartet werden. Nun sind allerdings meines Erachtens die obersten Spektren der Pollendiagramme aus dem Mittellande meist nicht rezent, sondern bereits recht alt; aber für das Federseegebiet im benachbarten Süddeutschland gibt Bertsch durch reichliche Dokumentierung an, daß die Buchenzeit von der Bronzezeit bis in die Gegenwart angedauert habe. In großen Teilen des schweizerischen Mittellandes ist dagegen anzunehmen, daß die Eiche von der frühhistorischen Zeit bis ins 19. Jahrhundert reichlicher vertreten gewesen sei, als die obersten Spektren der Pollendiagramme schließen lassen; doch ist diese Erscheinung als eine Kulturmaßnahme zu betrachten (s. S. 43).

Wenn wir diese verschiedenen Beweisgründe würdigen, so kommen wir zum Schlusse, daß die azidiphilen Eichenwälder im schweizerischen Mittellande weder im trockenwarmen noch im etwas feuchteren Gebiete als Vegetationsklimax betrachtet werden können, sondern daß diese Wälder ihre Verbreitung zur Hauptsache der Waldbewirtschaftung durch den Menschen verdanken, der ihnen auf den besonders ungünstigen Böden die Konkurrenz gegenüber den andern Waldtypen ermöglicht hat. Ohne die Tätigkeit des Menschen würde der geschlossene Hochwald aus dem Fagionverbande diese Quercetum roboris-Vegetation wieder zurückdrängen, so daß sie sich nur in fragmentarischen Resten erhalten könnte. Die Bodenreifungsvorgänge bleiben im Mittellande auf der Stufe einer leicht degradierten

Braunerde stehen, und bei gleichbleibendem Klimacharakter kann auf unabsehbare Zeit hinaus keine allgemeine Bodenverschlechterung zum Podsol hin als sukzessionsbewirkender Faktor eine Entwicklung gegen den azidiphilen Eichenwald herbeiführen.

Welche Waldgesellschaften können nun aber als Klimax für das schweizerische Mittelland in Frage kommen? Wir sind der Auffassung, daß diese zum Fagionverbande gehören und auf dem ziemlich stark versauerten Braunerdeboden von pH ca. 5,5 ihr Gedeihen müssen finden können. Es scheint ein Widerspruch, auf so saurem Boden noch eine neutrophile Vegetation zu erwarten; aber die Erfahrung zeigt immer wieder, daß unter unseren klimatischen Bedingungen die Fagionarten mit Ausnahme einer als basiphil bezeichneten Gruppe bis zu einer Bodenazidität von etwa pH 5,5 konkurrenzkräftig bleiben, bei leicht durchlässigen, gut durchlüfteten Böden oder in einem etwas trockeneren Lokalklima auch noch bei stärkerer Bodenazidität. Von den Waldtypen, die Braun unterscheidet, kommen diesen Anforderungen mehr oder weniger nach zwei Varianten des Fagetum praealpino-jurassicum, das Fagetum praealpino-jurassicum abietetosum und carpinetosum und ferner das Querceto-Carpinetum, das erste für die feuchteren, höhergelegenen Gebiete, das zweite für den mittleren Hauptteil, und das dritte für die trockenwärmsten Teile.

Der Bestandestypus des Querceto-Carpinetum wurde von Tüxen 1930 für Nordwestdeutschland aufgestellt, und in ganz kurzer Zeit haben die Forschungen der Pflanzensoziologen die weite Verbreitung von entsprechend aufgebauten Wäldern durch das mittlere bis ins östliche Europa nachgewiesen (vgl. Tüxen 1933). A. Faber (1933) betrachtet diesen Typus als Klimaxassoziation für das südliche Deutschland (resp. in Württemberg), und Braun nimmt seine weite Verbreitung im schweizerischen Mittellande an, und zwar sowohl für die trockenwarmen als auch für die mäßigwarmen und feuchteren Teile dieser Gebiete. Und im Fagetum des Mittellandes soll Carpinus unter natürlichen Bedingungen eine so allgemeine und reichliche Verbreitung haben, daß es als Fagetum carpinetosum bezeichnet wird.

Es scheint mir, daß damit Carpinus und das Querceto-Carpinetum für dieses Gebiet zu hoch eingeschätzt werden. Die Wälder, in denen Quercus und Carpinus dominieren (meist in Verbindung mit Fagus) finden wir im schweizerischen Mittellande nur in den tiefgelegenen

und trockenen Gebieten am Rheine in einiger Ausdehnung. Von da aus strahlen sie in Fragmenten ein Stück weit gegen Süden hin aus (z. B. Hasenberg, Hönggerberg). Sie treten wieder auf am Genfersee. Stets stehen sie in Verbindung mit Niederwald- oder Mittelwaldbetrieb. Im geschlossenen Hochwalde treten Quercus und Carpinus als Lichthölzer zurück. Von Braun wird angegeben, der Hainbuchenwald habe sich am besten dort erhalten, wo er als Mittelwald mit einer Umtriebszeit von 30 bis 50 Jahren genutzt werde. Es unterliegt aber keine Zweifel, daß der natürliche Wald in der ganzen Nordschweiz, abgesehen von edaphisch oder lokalklimatisch ungeeigneten Lokalitäten, ein Hochwald ist (im Sinne des Plenterwaldes). Da wo Buche, Tanne oder Fichte konkurrieren können, und dies ist für die Buche so ziemlich im ganzen Gebiete der Fall, wird dieser Wald dicht geschlossen sein, und dadurch werden Eiche und Hainbuche im Konkurrenzkampfe ganz in den Hintergrund geraten. Es ist nicht einzusehen, wie diese Arten sich ohne Hilfe des Menschen in größerer Ausdehnung halten könnten.

Während die Eiche (vor allem Quercus robur) heute noch durch das ganze Mittelland verbreitet ist, wenngleich nur selten in größeren Beständen, sondern als Einzelbäume oder gehegte Gruppen, namentlich auf Alluvionen, an Waldrändern, an trockenen Hängen, ist die Hainbuche, die ähnliche Standorte besiedelt, im Hauptteil des Mittellandes spärlich und fehlt in ausgedehnten Gebieten, wenn wir von subspontanen Exemplaren absehen. So besitzt ihr Areal eine große Lücke, die vom Aargau bis gegen den Genfersee reicht. Das sind allerdings Gebiete, in denen seit langem der Hochwald herrscht.

Braun und Faber nehmen an, der Mensch habe die Buche im letzten Jahrhundert gegenüber der Eiche und der Hainbuche begünstigt, resp. kultiviert, und so seien diese beiden Baumarten zurückgegangen und vielfach reine Buchenhochwälder künstlicher Entstehung entstanden. Nach Braun sind namentlich auch Nadelwaldpflanzungen auf Kosten der Eichen-Hainbuchenwälder angelegt worden. Faber gibt die Begünstigung der Eiche in früheren Jahrhunderten zu, meint auch, die Buche würde im Querceto-Carpinetum bei der Aussetzung des menschlichen Einflusses oft sehr zunehmen; er hält aber diese die Buche hemmende Einwirkung des Menschen für viel weniger bedeutend als die Förderung, die der Mensch ihr im vergangenen Jahrhundert auf Kosten von Eiche und Hainbuche habe angedeihen lassen.

Die Verhältnisse in Württemberg sind mir unbekannt. Im schweizerischen Mittelland verhält sich die Sachlage so, daß die Eichenwälder zum mindesten seit der frühhistorischen Zeit bis in das vergangene Jahrhundert vom Menschen gepflegt und gepflanzt wurden, da sie die Waldweide ermöglichten und die Eiche als Fruchtbaum diente, namentlich für die Schweinemast, während die Buche weggehauen wurde (vgl. z. B. Bolz 1763). Mit der Ausscheidung von Wald einerseits, und Wiesland anderseits und mit der Einführung der Kartoffeln zur Schweinemast verloren die Eichenwälder ihre besondere wirtschaftliche Bedeutung; der künstliche Ersatz für die geschlagenen Eichen fiel weg; die Buche wuchs in den Eichenwäldern auf und überwuchs die Eiche, meist ohne aktive Mithilfe des Försters. Die Entwicklung bezieht sich auf die erhalten gebliebenen Laubwälder; anderseits entstund ein Teil der gepflanzten Nadelholzwälder anstelle der alten Eichen-Halbkulturwälder. Das Augenmerk des Försters war in dieser Zeit viel mehr auf die Erzeugung von Nadelholz gerichtet, als auf den Vorgang der Umwandlung der restlichen Eichenwälder in Buchenwald.

Die Umwandlung der Wälder als Folge der modernen Wald- und Landwirtschaft und sowohl die Hegung der Eiche als auch ihr rapider Rückgang seit dem 18. Jahrhundert sind mehrmals und gut dokumentiert dargestellt worden; ich verweise hier auf die Arbeiten von Bühlmann (1918), Großmann (1925), Meyer (1931), Uehlinger (1932).

Diese Umwandlung der Wälder ging in der Richtung der natürlichen Waldentwicklung, soweit das Verhältnis von Eiche und Buche in Frage kommt. Wir erblicken also den Hauptgrund für den Rückgang der Eiche (und Hainbuche) im Aufwachsen der natürlichen Hochwälder, in denen der Nachwuchs der Lichtarten ausfiel, und dieser Vorgang wird sich in den kommenden Jahrzehnten noch weiterhin festsetzen, indem der Hochwald anfängt, auf die bisher noch als Mittelwald behandelten Gebiete der Nordschweiz überzugreifen.

Für die Hainbuche erscheint es übrigens sehr zweifelhaft, ob sie jemals im schweizerischen Mittellande wesentlich weiter verbreitet gewesen war als heute. Wir haben erwähnt, daß sie großen Gebieten heute fast völlig fehlt; in die Alpentäler geht sie gar nicht hinein, und auch am Jurarande ist sie vielfach spärlich. Und doch sind die Standorte, an denen sie sich, einmal eingebürgert, auch ohne Schutz durch den Menschen hätte halten können, häufig genug. Sie fehlt aber be-

merkenswerterweise auch in den auf ihren Pollengehalt untersuchten postglazialen Ablagerungen im Mittellande beinahe ganz. Nur in wenigen Pollendiagrammen wird sie angegeben und dann gewöhnlich so spärlich, daß ihr Indigenat nicht gesichert ist. In dem klimatisch begünstigten Gebiet der Jurarandseen haben wir bei Hunderten von untersuchten Proben nur ganz wenige Pollen gefunden, die vielleicht Carpinus zuzurechnen sind. Allerdings wäre speziell in der Nordschweiz ein sorgfältiges Suchen nach Carpinuspollen wünschbar, namentlich in den jüngsten Schichten der Ablagerungen; denn hier scheint die Hainbuche ein natürliches Areal zu besitzen im Zusammenhange (Ausstrahlung) mit den größeren Arealen im kontinentaleren Mitteleuropa. Aber eine Massenausbreitung, wie die Theorie von Braun sie verlangt, würde den Pollenanalytikern nicht entgangen sein.

Es ist vielleicht auch nicht zufällig, daß in der schweizerischen Mundart die Hainbuche als „Hagebuche" (= Heckenbuche) bezeichnet wird.

Nun wird der Soziologe aber eine Waldgesellschaft nicht nur nach den herrschenden Baumarten beurteilen, sondern nach ihrem gesamten floristischen Gehalt, und da kann der Fall auftreten, daß sich eine charakteristische Artenkombination in dem Unterwuchse findet, die im Gegensatze steht zu der dominierenden Baumschicht, zum Beispiel Fagion-Unterwuchs unter Picea-Oberwuchs. Solche Erscheinungen lassen häufig den Oberwuchs als Kunstprodukt erkennen. In andern Fällen sind sie allerdings nur als Ausdruck einer relativen Selbständigkeit des Oberwuchses gegenüber dem Unterwuchse zu würdigen. Da Braun in den Fagionwäldern des Mittellandes des öfteren Charakterarten des Carpinetums findet, so schließt er, daß mit großer Wahrscheinlichkeit wenigstens ein Teil der Molasse-Buchenwälder aus dem Querceto-Carpinetum hervorgegangen sei. Ein solcher Schluß scheint mir, wenigstens soweit das bisherige Tatsachenmaterial eine Beurteilung zuläßt, doch zu weit zu gehen. Das Querceto-Carpinetum steht floristisch dem Fagetum sehr nahe, und die Abgrenzung durch die charakteristische Artenkombination, so wie wir sie bei Braun oder Faber finden, ist keineswegs scharf. Braun gibt als mutmaßliche Charakterarten an:

Carpinus betulus	*Pulmonaria officinalis*
Carex pilosa	*Ranunculus auricomus ssp.*
Primula elatior	*Lathraea squamaria*
Potentilla sterilis	*Helleborine violacea*

Bei Faber kommen dazu noch:

Poa Chaixii
Carex brizoides
Vinca minor

Diese Auswahl wird sich darauf gründen, daß im Gebiete, in dem heute die Querceto-Carpinetumwälder reichlich und in typischer Ausbildung vorkommen, die betreffenden Arten für diesen Bestand charakteristisch sind, eine ausgesprochene Vorliebe für ihn aufweisen und erlauben, ihn gegen andere Pflanzengesellschaften abzugrenzen. Das müßte in der Nordschweiz also für das Rheintal vom Bodensee bis nach Basel und für die untersten Teile der angrenzenden Flußtäler Geltung haben. Aber bereits in diesem Gebiete scheinen mir die Charakterarten zum Teil etwas weit gefaßt, namentlich sind *Carex pilosa* und *Primula elatior* weit verbreitet, erstere in Fageten, letztere außerdem auch in Auengehölzen und auf feuchten Wiesen, die ohne Zweifel nicht aus einem Querceto-Carpinetum entstanden sind. Ferner wird von Walo Koch in seiner Bearbeitung der schweizerischen Formen von *Ranunculus auricomus* (1933) keine Form als für das Querceto-Carpinetum charakteristisch angegeben. Vermutlich kommt des weitern einzelnen dieser Charakterarten nur die Bedeutung von Differentialarten gegenüber dem Fagetum zu.

Es wäre nun ein Trugschluß, wollte man aus dem Vorkommen einzelner oder mehrerer der Charakterarten des Querceto-Carpinetum außerhalb des Gebietes der heutigen Querceto-Carpinetumwälder auf die ehemalige Verbreitung dieser Assoziation im übrigen schweizerischen Mittellande schließen. Dies würde nur angehen, wenn wir aus anderer Quelle sichere Nachricht über die ehemalige weitere Verbreitung dieses Bestandes hätten und die Charakterarten einzeln oder als Gruppe nur im Querceto-Carpinetum oder einem künstlichen Folgebestand desselben vorkommen könnten. Eine kurze Überprüfung dieser Charakterarten auf ihre Verbreitung ergibt folgendes. *Carpinus* fehlt, wie wir gesehen haben, in einem großen Teile des Mittellandes im natürlichen Zustande, und erscheint allgemein stark an den Mittelwald- und Niederwaldbetrieb (auch an die Auenwälder) gebunden. Sie hat mir auch immer den Eindruck gemacht, tiefgründigen, nicht zu stark austrocknenden Kalkboden vorzuziehen. Dieser ist für den Buchenwald des Molasselandes keineswegs charakteristisch. *Carex pilosa* ist in großen Teilen des Mittellandes, auch da,

wo Carpinus fehlt, sehr allgemein in den Buchenwäldern verbreitet, besonders auf gut wasserhaltigen, etwas lehmigen Böden, und bildet eine besondere Variante des Fagetums (s. auch Rübel 1932, S. 498). Ihr Fagetumareal ist im Mittellande weit größer als das Querceto-Carpinetumareal. *Primula elatior* ist an zusagenden Orten bis in die alpine Stufe hinein überall verbreitet, in vielen Waldtypen und natürlichen Wiesen. *Potentilla sterilis* fehlt als Lichtpflanze dem typischen Fagetum, geht aber an ihr zusagenden Orten, die zum Teil natürlichen Wiesen oder dem Querceto-Lithospermetum angehören dürften, bis weit in das Buchengebiet der Alpentäler hinein, die nach Braun keine Spur des Querceto-Carpinetum aufweisen. *Pulmonaria officinalis* verhält sich ähnlich wie Carex pilosa, doch mit einer deutlichen Bevorzugung der wärmeren (oder trocken-warmen?) Gebiete und geht auch in Auenwälder. *Ranunculus auricomus* ist nach Koch in den Unterarten des schweizerischen Mittellandes vor allem eine Art bestimmter Streuewiesen-Typen und der Alnetum-Auenwälder. *Lathraea squamaria* ist als Wurzelparasit nicht an das Querceto-Carpinetum gebunden und findet sich in Auenwäldern und Buchenwäldern bis weit in die Alpentäler hinein (z. B. noch bei Lauterbrunnen im Berneroberlande). *Helleborine* scheint mit großer Spärlichkeit durch den größten Teil des schweizerischen Fagiongebietes vorzukommen. *Poa Chaixii* fehlt dem Mittellande beinahe völlig, ist aber in der subalpinen Stufe und bis in die alpine Stufe hinauf in Alpenrosengebüschen und in Hochstaudenfluren verbreitet. *Carex brizoides* verhält sich ähnlich wie Pulmonaria officinalis. *Vinca minor* ist durch die wärmeren Teile des Mittellandes in Laubwäldern verschiedener Art und in Gebüschen weit verbreitet und geht bis tief in die Alpentäler hinein.

Die Verbreitung der Charakterarten des Querceto-Carpinetums im schweizerischen Mittellande und in den anstoßenden Nordalpen ist also so allgemein und im einzelnen verschiedenartig, daß sich außerhalb des heutigen Verbreitungsgebietes dieser Assoziation durch das Vorkommen einzelner oder auch mehrerer dieser Arten kein Schluß ziehen läßt auf das ehemalige Vorkommen des Eichen-Hainbuchenwaldes. Am ehesten scheinen mir *Carpinus, Pulmonaria officinalis, Carex brizoides* und *Potentilla sterilis* eine gewisse Differenzierung gegen das typische Fagetum zu ermöglichen. Vielleicht charakterisieren *Pulmonaria* und *Carex* aber nur eine besondere Fazies desselben.

Wir ziehen aus unseren Ausführungen den Schluß, daß für den Hauptteil des schweizerischen Mittellandes als Klimax nur das Fagetum in Frage kommt, und zwar in einer Ausbildung, in der, entsprechend der Entkalkung und beträchtlichen Versauerung der gereiften Böden (leicht podsolige Braunerde) die basiphilen Arten fehlen, die neutrophilen dagegen vorherrschen und leicht azidiphile Arten wie Luzula nemorosa und wohl auch Vaccinium myrtillus sich beimischen. Auf besonders ungünstigen Bodenformen können die azidiphilen Arten zu stärkerer Verbreitung gelangen und ebenso auf dem Normalboden bei unzweckmäßiger Bewirtschaftung, und es ergeben sich dann Übergänge zum azidiphilen Eichenwald oder sogar typische Bestände desselben. Diese bilden aber nur einen Paraklimax im Sinne von Tüxen (1933). Das Klimax-Fagetum des Mittellandes ist mit dem Fagetum praealpino-jurassicum carpinetosum von Braun identisch, würde aber, weil Carpinus darin im allgemeinen fehlt, besser anders benannt werden, zum Beispiel Fagetum praealpino-jurassicum maturatum. Es dürfte auch dem Fagetum asperulosum von Rübel (1932) sehr nahe stehen.

Das Querceto-Carpinetum, das dem Fagetum floristisch sehr nahe steht, aber nach Braun etwas wärmebedürftiger zu sein scheint und etwas gegen das Querceto-Lithospermetum hin abweicht, findet sich in der Nordschweiz in einem schmalen Streifen längs des Rheines und in den Mündungsgebieten der anstoßenden Flußtäler in einer Form mit reichlich beigemischter Buche und in Übergängen zum Fagetum und zu den Eichenwäldern in zahlreichen, kleineren Beständen, die halbnatürlich zu sein scheinen neben vielen andern, die sichtlich durch die Tätigkeit des Menschen entstanden sind. Ob dieser Typus in dem verhältnismäßig trocken-warmen Gebiete vielleicht Vegetationsklimax ist, vermag ich nicht zu entscheiden. Mit der Entfernung vom Rheine nimmt seine Verbreitung rasch ab, und der Eichen-Hainbuchenwald dürfte in den rheinferneren Gegenden, soweit er überhaupt noch auftritt, im wesentlichen durch die Bewirtschaftung der Wälder als Niederwald oder Mittelwald hervorgerufen und erhalten worden sein. Im Hochwalde bleibt Carpinus völlig und Quercus größtenteils zurück, und das Querceto-Carpinetum verliert sich im Fagetum.

Die vorstehenden Ausführungen möchten mithelfen, die Probleme der natürlichen Wälder in der nördlichen Schweiz, die durch

die weitgehende menschliche Beeinflussung außerordentlich verwikkelt geworden sind, der Klärung näher zu bringen und möchte vor allem die freie Diskussion durch die Beiziehung von neuen Gesichtspunkten im Gange halten. Sorgfältige floristische Einzeluntersuchungen mit eingehender Berücksichtigung der wirtschaftlichen und bodenkundlichen Verhältnisse und darauf aufgebaute vergleichende Studien können unsere Einsicht ein gutes Stück weiter bringen. Das gilt sowohl für die Fassung und Abgrenzung des Querceto-Carpinetums als auch für die Varianten des Fagetums und der ihm nahestehenden Abieswälder, die bei Braun nur in den Grundzügen durchgeführt worden ist und nicht durchwegs befriedigt (z. B. die voralpine Variante)[1].

Von Wichtigkeit, namentlich für alle Fragen der Vegetationsentwicklung und der natürlichen Waldtypen ist aber die weitgehende Anwendung des Experimentes. Eine größere Zahl von zweckmäßig ausgewählten Waldflächen in der Größe von etwa 20 bis 100 Aren sollten der Nutzung durch den Menschen entzogen oder intensiv in einer bestimmten Weise beeinflußt werden, bei genauer Verfolgung der dabei im Laufe der Zeit vor sich gehenden Veränderungen des Oberwuchses, des Unterwuchses, des Bodens, des Binnenklimas. Des weiteren sollten die Vitalität und Konkurrenzfähigkeit der einzelnen in Betracht fallenden Arten bei Variation von Bodenazidität, Humusgehalt und Humusart des Bodens, Lichtgenuß und anderer wichtiger Umweltfaktoren genau erforscht werden. Dieser Weg verheißt sichere Ergebnisse, allerdings teilweise erst im Verlaufe langer Zeit.

---

[1] Auch die ökologischen Verhältnisse harren noch großenteils der Erforschung, aber sogar längst sichergestellte Tatsachen sind noch keineswegs allgemein bekannt. So wird nach Tüxen (1930, S. 46) die Existenz des Fagetums in den Schweizeralpen durch Nebelbildungen begünstigt, während in Wirklichkeit im nordalpinen Buchengebiet die Buchenwälder gerade in der Höhe, wo die sommerlichen Nebelkondensationen beginnen, zurückbleiben und nur an ausgesprochenen Sonnenhängen noch etwas höher steigen. Die von Tüxen genannte Erscheinung gilt nur für die äußersten und gewöhnlich nicht charakteristischen Vorposten der Buchenwälder gegen die kontinentalen zentralen Alpentäler hin, so im untern Wallis.

Verzeichnis der zitierten Literatur:

Braun-Blanquet, J.: Zur Kenntnis nordschweizerischer Waldgesellschaften. Beih. zum Botan. Centralblatt **49**, Ergänzungsband 1932 (42 S.).

Bolz, Albr.: Ökonomische Beschreibung des Kirchspieles Kerzers. Abh. und Beob. durch die ökonom. Ges. zu Bern gesammelt, **4** 1763.

Brockmann-Jerosch, H. und M.: Die natürlichen Wälder der Schweiz. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **19** 1910 (171–225).

Bühlmann, Fritz: Von den einstigen Eichen- und Buchenwaldungen im Amt Fraubrunnen. Sonntagsblatt des Schweizer Bauer Nov./Dez. **1918**.

Faber, Albrecht: Pflanzensoziologische Untersuchungen in Süddeutschland. Über Waldgesellschaften in Württemberg. Bibl. Botanica **108** 1933 (66 S., 7 Taf.).

Geßner, Hermann und Siegrist, Rudolf: Bodenbildung, Besiedelung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen. Mitt. Aarg. Naturf. Ges. **17** 1925 (87–141, 2 Taf., Fig.).

Großmann, H.: Das Vorkommen der Waldföhre (Pinus silvestris) im Norden des Kantons Zürich. Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen **1925** (19 S., Fig.).

Großmann, H.: Die Waldungen am zürcherischen Kohlfirst. Der praktische Forstwirt **1930** (16 S., Abb.).

Keller, Paul: Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizermooren und ihre florengeschichtliche Deutung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich **5** 1928 (163 S.).

Koch, Walo: Schweizerische Arten aus der Verwandtschaft des Ranunculus auricomus. Ber. Schweiz. Bot. Ges. **42** 1933 (740–753).

Meyer, Karl Alfons: Geschichtliches von den Eichen in der Schweiz. Mitt. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen **16** 1931 (231–451).

Neuweiler, E.: Untersuchungen über die Verbreitung prähistorischer Hölzer in der Schweiz. Ein Beitrag zur Geschichte unseres Waldes. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich **55** 1910 (156–202).

Rübel, Eduard: Zusammenfassende Schlußbetrachtung zur Vortragsrunde über die Buchenwälder Europas. In: Die Buchenwälder Europas, redig. von E. Rübel. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, **8** 1932 (490–502).

Tüxen, Reinhold: Über einige nordwestdeutsche Waldassoziationen von regionaler Verbreitung. Jahrb. Geogr. Ges. Hannover **1929** 1930 (63 S.).

Tüxen, Reinhold: Die Pflanzendecke zwischen Hildesheimerwald und Ith in ihren Beziehungen zu Klima, Boden und Mensch. Sonderdruck aus: W Barner, Unsere Heimat. Hildesheim 1931 (55–131, Abb., Kart.).

Tüxen, Reinhold: Klimaxprobleme des nordwesteuropäischen Festlandes. In: J. Jeswiet, W. C. De Leeuw, R. Tüxen, Über Waldgesellschaften und Bodenprofile. Nederl. Kruitkundig Archief **43** 1933 (293–309).

Uehlinger, Arthur: Der Buchenwald in der Schweiz. In: Die Buchenwälder Europas, redig. von E. Rübel. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, **8** 1932 (502 S.).

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG ZWEIER METHODEN ZUR PHYSIKALISCHEN BODENANALYSE

von *Werner Lüdi* und *Gina Luzzatto*

Die physikalische Untersuchung der Böden bietet gewisse Probleme, die nur im gewachsenen Boden, das heißt im Boden an seiner natürlichen Lagerstätte untersucht werden können. Das gilt namentlich für die Art der Lagerung der kleinen Bodenteilchen, von der der Porengehalt des Bodens und damit auch seine Fähigkeit Wasser festzuhalten, Wasser durchzulassen und Luft aufzunehmen und auszutauschen, weitgehend abhängig ist. Für den Pflanzenökologen ist die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Böden ein bisher vernachlässigtes, aber nicht unwichtiges Forschungsgebiet, wie die von Hans Burger und Rudolf Siegrist in Beständen verschiedener Art durchgeführten Untersuchungen gezeigt haben. Zur Untersuchung dieser Eigenschaften der Böden hat E. Ramann eine Methode ausgearbeitet, die von J. Kopecky und später von H. Burger [1]) verbessert worden ist. Da die Methode Burger eine schwere Apparatur benötigt und der Hauptteil der Untersuchung ins Laboratorium verlegt ist, wobei trotzdem gewöhnlich ein Feldaufenthalt von mindestens 24 Stunden nicht umgangen werden kann, hat R. Siegrist [2]) eine Methode erdacht, die eine leichte Ausrüstung und eine rasche Feldarbeit ermöglicht. Die Siegristsche Feldmethode ist in der Folge von den Ökologen verschiedentlich verwendet worden. Sie schlägt aber einen ganz andern Untersuchungsgang ein als die Burgersche Methode, und so stellt sich die Frage, inwieweit die mit den beiden Methoden erhaltenen Ergebnisse vergleichbar seien. Nach

[1]) Hans Burger: Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. 1. Mitt., Mitt. Schweiz. Centralanstalt f. forstl. Versuchswesen **13** 1924 (3 231) 2. Mitt., ibid. **14** 1927 (201–250). 3. Mitt., ibid. **15** 1929 (51–104). (Hier auch weitere Literatur.)

[2]) Rudolf Siegrist: Über die Bedeutung und Methode der physikalischen Bodenanalyse. Eine Anleitung zur Durchführung der Untersuchung im Felde. Forstw. Centralbl. **51** 1929 (777–782). R. Siegrist: Zur Praxis der physikalischen Bodenanalyse. Vierteljschr. Naturf. Ges. Zürich **76** 1931 (103–115). R. Siegrist: Zur geobotanischen Bodenuntersuchung. Ber. Geobot. Inst. Rübel, Zürich **1931** 1932 (8–10).

Siegrist sind die Ergebnisse ungefähr übereinstimmend; doch sind Zahlenangaben unseres Wissens bisher nicht veröffentlicht worden.

Die nachstehenden Ausführungen beschäftigten sich mit einer kleinen Untersuchung solcher Art. Bevor wir auf die Ergebnisse eintreten, müssen wir die verglichenen Methoden kurz darlegen.

Burger und Siegrist gehen von der Grundvorstellung aus, daß sich ein bestimmtes Volumen des gewachsenen Bodens zusammensetze aus den festen Bodenteilchen, dem im Boden enthaltenen Wasser und der Bodenluft, was sich durch die Gleichung ausdrücken läßt:

Gesamtboden = feste Bodenteile + Bodenwasser + Bodenluft.

Bodenwasser und Bodenluft umfassen zusammen das Porenvolumen des Bodens, und ihre gegenseitigen Anteile sind, im Gegensatze zu den festen Bodenbestandteilen, in einem und demselben Boden starken Schwankungen unterworfen. Mit der Austrocknung des Bodens nimmt der Luftgehalt zu und bei Wasseraufnahme ab. Um eine Vergleichsgrundlage zu erhalten, wird infolgedessen der Wassergehalt bei der Wassersättigung des Bodens bestimmt, die eintritt, wenn man einen vollständig wassergefüllten Boden vertropfen läßt, so daß das Wasser aus den größeren Hohlräumen des Bodens austritt, das hygroskopisch oder kapillar im Boden festgehaltene Wasser aber erhalten bleibt. Der Wassergehalt des kapillar gesättigten Bodens wird Wasserkapazität benannt und der bei Wassersättigung im Boden vorhandene Luftgehalt Luftkapazität.

Zur Bestimmung dieser Größen entnimmt Burger mit einem Stahlzylinder, der 1 dm^2 Querschnitt und 1 dm Höhe besitzt, und der vorsichtig in den Boden eingetrieben wird, genau einen dm^3 des gewachsenen Bodens. Dieser Boden (noch im Zylinder steckend) wird zur Wassersättigung während 24 Stunden in ein Wasserbad gestellt und dann zwei Stunden lang abtropfen gelassen, wodurch sich die größeren Hohlräume des Bodens wieder von Wasser entleeren und mit Luft füllen. Dann wird der Boden aus dem Stahlzylinder herausgenommen und im Trockenschrank bei 105° getrocknet. Der Gewichtsunterschied des frischen und des trockenen Bodens ergibt den Wassergehalt, der Gewichtsunterschied zwischen dem kapillar gesättigten und dem trockenen Boden die Wasserkapazität. Zur Bestimmung des Luftgehaltes und der Luftkapazität muß das Volumen der Erde festgestellt werden. Dies geschieht mit dem Pykno-

meter, wobei die Feinerde und die Steine (und eventuell auch die Wurzeln) gesondert zur Untersuchung gelangen und die Luft aus dem getrockneten Boden durch halbstündiges Kochen im Wasser ausgetrieben wird. Aus dem Volumen der Erde ergibt sich durch Addition des Wassergehaltes (resp. der Wasserkapazität) und Subtraktion dieser Summe von dem Gesamtvolumen der Probe (1 dm^3) sowohl der Luftgehalt zur Zeit der Probeentnahme als auch die Luftkapazität. Ferner läßt sich aus dem Volumen der Erde und ihrem Trockengewichte das spezifische Gewicht bestimmen.

Auch Siegrist arbeitet mit Stahlzylindern, die in den Boden eingetrieben werden. Sie besitzen ein Volumen von $^1/_4$ dm^3. Die frische Zylinderprobe gelangt zur Wassersättigung in ein mit Wasser gefülltes, evakuierbares Gefäß, aus dem die Luft mittels einer Luftpumpe (Velopumpe) entfernt wird. Wenn keine Luftblasen mehr aufsteigen, wird die Zylinderprobe dem Gefäß entnommen und sogleich gewogen. Dann läßt man sie zwei Stunden vertropfen und wägt wiederum. Um die Beziehung auf Trockengewicht zu ermöglichen, wird neben der Zylinderprobe noch eine weitere Bodenprobe entnommen, an der durch völlige Austrocknung der Prozentgehalt des frischen Bodens an Wasser festgestellt wird. Durch Umrechnung auf das Gewicht der frischen Zylinderprobe wird der Volumengehalt des frischen Bodens an Wasser bestimmt. Ihr Gehalt an Luft ergibt sich aus dem Gewichtsunterschied zwischen der wassergefüllten und der frischen Zylinderprobe. Der Anteil der festen Bodenteile wird durch Addition von Wassergehalt und Luftgehalt und Subtraktion dieser Summe vom Volumen des Zylinders ermittelt. Die Luftkapazität ergibt sich aus dem Gewichtsunterschied von wassergefüllter und vertropfter Zylinderprobe, und die Wasserkapazität aus der Differenz von Zylindervolumen und der Summe von Erdevolumen und Luftkapazität.

Die Methode von Siegrist läßt sich nur in einem homogenen und steinearmen Boden ausführen; denn infolge der relativen Kleinheit der mit dem Zylinder entnommenen Bodenprobe müssen sich Ungleichheiten in der Bodenzusammensetzung stark auswirken. Bei reichlichem Stein- oder Wurzelgehalt des Bodens ist die Gefahr vorhanden, daß beim Einschlagen des Zylinders die natürliche Bodenstruktur beschädigt werde, oder daß bei ungleicher Verteilung der Feinerde und der Steine der Zufall bald einen höheren, bald einen ge-

ringeren Anteil dieser Komponenten in den Zylinder bringe. Insbesondere liegt eine Fehlerquelle solcher Art vor in der Berechnung des Wassergehaltes und des Erdevolumens mit Hilfe einer außerhalb der Zylinderprobe entnommenen Bodenprobe. Falls diese mehr oder weniger Steine enthält, als die Zylinderprobe, so ergibt sich daraus ein Fehler, der in der weiteren Berechnung einen wesentlichen Umfang annehmen kann. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, daß es im Freien infolge der Luftbewegung meist nicht möglich ist, eine einigermaßen genaue Wägung vorzunehmen, wodurch auch die Prüfung der völligen Austrocknung des Bodens, der auf dem Sandbade getrocknet wird, eine Erschwerung erfährt. Schließlich ist auch eine Fehlerquelle gegeben durch die Art, in der die Gewichtsbestimmung der wassergetränkten Zylinderprobe ausgeführt wird. Es ist dabei nicht zu umgehen, daß das an der Zylinderwand, an und innerhalb der Deckel und an den zum Abdichten verwendeten Leinenläppchen haftende Wasser mitgewogen wird. Durch gutes Einfetten des Zylinders und der Deckel wird die Menge des anhaftenden Wassers verkleinert, und wenn immer auf genau gleiche Art vorgegangen wird, so bleibt dieser Fehler annähernd konstant, kann abgeschätzt und in Rechnung gestellt werden.

Diesen Nachteilen der Methode Siegrist, die der Methode Burger in kleinerem Maße oder gar nicht anhaften, steht aber der große Vorteil gegenüber, daß die Untersuchung viel rascher und zur Not auch im Felde durchzuführen ist und die ganze Ausrüstung ohne Schwierigkeiten in einem Rucksacke mitgetragen werden kann, während die Apparatur von Burger eine große Kiste beansprucht und mit gefüllten Zylindern auch für einen Träger eine gute Last bildet. Ferner können mit den kleinern Zylindern (7 cm hoch) auch feinere Schichtungen des Bodens berücksichtigt werden. Siegrist macht den Vorschlag, für solche Zwecke noch niedrigere Zylinder zu verwenden, was auch für die Untersuchung nach der Methode Burger berücksichtigt zu werden verdient. Die Fehlerquellen der Methode Siegrist wird man durch besonders sorgfältige Probenentnahme, durch Ausscheidung aller nicht ganz einwandfreien Proben und durch Untersuchung einer Mehrzahl von Proben des gleichen Standortes zu eliminieren suchen. Die Untersuchung sollte außerdem, so weit als möglich, in das Laboratorium oder doch in einen geschlossenen Raum verlegt werden.

Die vergleichende Untersuchung der beiden Methoden, die wir ausführten, bestand darin, daß wir an zwei Örtlichkeiten, in homogenem Boden, je fünf Zylinderproben nach der Methode Burger und der Methode Siegrist entnahmen und im Laboratorium sorgfältig nach den oben skizzierten Verfahren untersuchten. Der eine von uns kannte beide Verfahren bereits aus eigenen Untersuchungen, der andere nur die Methode Siegrist.

Wir entnahmen die Proben jeweils auf einer Fläche von 1 m², wobei die zehn Zylinder in regelmäßiger Abwechslung verteilt wurden. Die Schöllchenproben zur Ergänzung der Siegrist-Zylinderproben gelangten in unmittelbarer Nähe der entsprechenden kleinen Zylinder zur Aushebung. Die Burger-Zylinder wurden 2 cm unter die Bodenoberfläche versenkt, so daß sie den Boden aus 2 bis 12 cm Tiefe erfaßten; dementsprechend entnahmen ihn die Siegrist-Zylinder aus 3 bis 10 cm Tiefe.

Die ersten fünf Proben stammen aus dem Buchenwald auf dem Zürichberg in der Nähe der Escherhöhe (ca. 660 m ü. M.), aus ebener Lage. Der Boden war eine saure, lehmige, steinarme Braunerde (Grundmoräne) mit etwa 2 cm dicker Mulldecke, und war reich an Regenwürmern. Der Oberwuchs bestand aus *Fagus* mit beigemischten *Fraxinus* (stellenweise durch Kultur vorherrschend), *Pinus silvestris*, *Quercus robur;* der Unterwuchs war der des typischen Fagetum. Wir entnahmen die Proben unter reinem *Fagus*-Bestand in einer Kolonie von *Asperula odorata*. Störungen in der Homogenität des Bodens wurden an der Stelle der Probenentnahme nicht bemerkt.

Die zweite Probengruppe stammt aus dem Rasen des Institutgartens, der in flacher Lage, am Westhange des Zürichberges gelegen ist (466 m ü. M.). Dieser Rasen ist alte Fettwiese eines Obstgartens und wurde bis in die letzten Jahre gedüngt. Der Boden ist ebenfalls lehmiger Moränenschutt, humusarm aber alkalisch. Sein Gehalt an Steinen ist wesentlich größer als in der ersten Gruppe. Störungen in der Homogenität des Bodens wurden am Ort der Probenentnahme nicht bemerkt. Der Boden war an beiden Örtlichkeiten sehr feucht infolge starker Niederschläge in den vorhergehenden Tagen.

Die Ergebnisse der Untersuchung sind in der untenstehenden Tabelle zusammengestellt. Wir verzichten darauf, die Zahlenwerte für jeden einzelnen Zylinder zu bringen, sondern geben nur die Mittelwerte für die fünf Messungen einer Gruppe sowie den mittleren Fehler,

aus dem sich die Größe der Abweichungen erkennen läßt. Die pH-Werte sind ebenfalls die Mittelwerte aus fünf Beobachtungen.

Zusammenstellung der Ergebnisse der physikalischen Bodenuntersuchung nach den Methoden von Hans Burger (B.) und Rudolf Siegrist (S.) (S. 1 und S. 2 siehe Seite 8)

	pH	Erdevolumen %				Wassergehalt Vol. %	
		B.			S.	B.	S.
		Feinerde	Steine	Gesamt			
Zürichberg							
Mittelwert . . .	5,44	44,6	1,6	46,2	48,1	41,9	38,8
mittlerer Fehler.	±0,048	—	—	±0,38	±1,26	±0,67	±1,21
Institutgarten							
Mittelwert . . .	7,75	42,1	5,9	48,0	45,1	34,6	34,7
mittlerer Fehler.	±0,034	—	—	±0,68	±0,91	±0,29	±0,26

	Luftgehalt Vol. %		Wasser-kapazität %		Luftkapazität %		
	B.	S.	B.	S.	B.	S. 1	S. 2
Zürichberg							
Mittelwert . . .	11,9	13,1	47,8	49,7	6,0	—	2,2
mittlerer Fehler.	±0,69	±0,91	±0,83	±0,86	±0,83	—	±0,54
Institutgarten							
Mittelwert . . .	17,4	20,2	47,2	53,0	4,8	1,4	1,9
mittlerer Fehler.	±0,75	±0,87	±0,67	±1,05	±0,33	±0,12	±0,35

Der Vergleich zeigt, daß die mit den beiden Methoden erhaltenen Werte mit Ausnahme der Luftkapazität, auf die wir unten zurückkommen werden, eine befriedigende Übereinstimmung aufweisen. Der mittlere Fehler ist im allgemeinen bei der Methode Siegrist etwas größer; aber die Abweichungen überschneiden sich regelmäßig. Das Erdevolumen ist beim Zürichbergboden nach der Methode Siegrist etwas größer, der Wassergehalt etwas kleiner; beim Gartenboden verhalten sich die Werte für das Erdevolumen umgekehrt, und für

den Wassergehalt sind sie nach den beiden Methoden beinahe gleich groß. Luftgehalt des frischen Bodens und Wasserkapazität sind nach der Methode Siegrist in den Mittelwerten stets etwas größer, bewegen sich aber in der gleichen Größenordnung.

Nur in der Luftkapazität sind die Unterschiede so groß, daß die Vergleichbarkeit in Frage gestellt wird. Sie ist entsprechend der dichten Lagerung des lehmigen Bodens klein, erreicht aber nach der Methode Siegrist 2,5- bis 3mal kleinere Werte als nach der Methode Burger. Wenn wir den mittleren Fehler auf Prozente der Mittelwerte umrechnen, so erhalten wir nach den beiden Methoden hohe Beträge, die das Ergebnis als recht unsicher erkennen lassen. Die Schwankungen sind aber nach der Methode Siegrist bedeutend größer.

Die Luftkapazität wird nach der Methode Burger sekundär bestimmt durch die Ergänzung der Werte von Erdevolumen und Wasserkapazität zum Gesamtvolumen. Ihre Genauigkeit ist also abhängig von der Genauigkeit dieser Werte. Das Erdevolumen wird nach einer genauen Methode bestimmt; als Fehler bleibt nur die Möglichkeit, daß Luft, die in kleinsten Bläschen der Erde anhaftet, als Erde mitgemessen wird, wodurch der Wert für das Erdevolumen zu groß ausfallen muß. Burger sucht die Luft durch das halbstündige Kochen der Erde im Pyknometer auszutreiben. Vergleichende Versuche (Kochen der Erde im Pyknometer und parallel dazu bei Zwillingsproben Entfernen der Luft durch Evakuieren mit der Wasserluftpumpe) führen ihn zum Schlusse, daß der Fehler durch die nach dem Kochen noch anhaftende Luft nur unbedeutend sei. Wir können nach eigenen Vergleichsversuchen diese Ansicht nur bestätigen. Die Bodenproben wurden zuerst eine halbe Stunde gekocht, und dann das Volumen auf die gewöhnliche Weise bestimmt. Daraufhin wurde die Probe eine halbe Stunde unter der Wasserluftpumpe evakuiert und das Gewicht ein zweites Mal bestimmt. Die Gewichtszunahme betrug bei den vier Proben je 1,5 bis 2 g, also rund ein Fünftel-Volumenprozent, was ruhig vernachlässigt werden kann.

Bei der Bestimmung der Wasserkapazität liegt die Sache weniger einfach. Sie errechnet sich als Differenz des wassergesättigten Bodens und des bei 105° ausgetrockneten Bodens. Der letztere Wert kann genau bestimmt werden, die Wassersättigung aber nicht. Erstens stellt sich die Frage, ob während der 24stündigen Aufsättigung wirklich alle Luft aus dem Boden verdrängt werde und zweitens die

Frage, ob bei dem zweistündigen Vertropfen das Wasser aus allen größeren Hohlräumen ausfließe, so daß nur das kapillar festgehaltene Wasser zurückbleibt (neben dem adsorptiv festgehaltenen). Das Problem, ob die Wassersättigung innerhalb 24 Stunden vollständig werde, scheint von Burger nicht untersucht worden zu sein. Wir haben in dieser Richtung einige Versuche gemacht. Wenn wir in einem gefüllten Burger-Zylinder, nachdem er 24 Stunden unter Wasser gestanden hat, unter Wasser mit dem Finger die Erde sorgfältig zusammendrücken, so steigen reichlich große Luftblasen auf. Bei fortgesetztem Drücken nimmt die Zahl der Blasen rasch ab, und schließlich kann man nur noch kleine Bläschen herausdrücken. Um einen Anhaltspunkt zu bekommen über das Volumen, das diese Luftblasen im gefüllten Zylinder einnehmen, haben wir mit dem gefüllten Siegrist-Zylinder Versuche gemacht (für den Burger-Zylinder reichte leider die Größe der uns zur Verfügung stehenden Evakuierungsgefäße nicht aus). Der Zylinder wurde auf die gewöhnliche Weise mit Erde gefüllt, 24 Stunden ins Wasserbad gestellt und pyknometrisch gewogen. Dann wurde er eine Stunde lang durch die Wasserluftpumpe kräftig evakuiert und wiederum pyknometrisch gewogen. Die Gewichtszunahme betrug bei drei Proben: 13 g, 14 g, 14,5 g, was einem mittleren Werte von 5,5 Volumenprozenten entspricht. Soweit diese 5,5 Prozent Luft in größeren Hohlräumen stecken, die sich beim Vertropfen wieder mit Luft füllen würden, fallen sie als Fehler bei der Bestimmung der Wasserkapazität weg. Soweit es sich um Luft aus kapillaren Hohlräumen handelt, aus denen das Wasser, wenn es sie erst einmal ausgefüllt hat, beim Vertropfen nicht wieder ausfließt, bewirkt sie einen Fehler in der Größe der Wasserkapazität, und zwar wird diese zu klein ausfallen, um so viele Gramm, als die kapillar festgehaltene Luft cm^3 ausmacht. Dem Anscheine nach war der Hauptteil der eingeschlossenen Luft in größeren Hohlräumen, da er in großen Blasen bereits bei leichtem Drucke aufstieg, oft geradezu explosionsartig. Außerdem erfolgte das Aufsteigen vor allem dem Rande des Zylinders nach, was darauf hindeutet, daß hier durch Pressung und Verletzung der natürlichen Bodenstruktur Hohlräume von ihrer natürlichen Verbindung mit der Außenwelt abgeschlossen waren. Auf das Gesamtvolumen bezogen, müssen diese Verletzungen bei den Zylindern Siegrists größer sein als bei den viermal größeren Zylindern Burgers.

Durch unvollständiges Austropfen des Zylinders muß die Wassersättigung und dadurch die Wasserkapazität zu hoch erscheinen. Es unterliegt gar keinem Zweifel, daß nach zweistündigem Vertropfen nicht alles Wasser aus den Hohlräumen des Bodens ausgeflossen ist, ebenso wenig, wie nach 24 Stunden alle Luft verschwunden war. Die Schnelligkeit des Vertropfens hängt wesentlich von der Art des Bodens und von der Aufstellung des Zylinders ab. Wir haben den Zylinder schief auf ein Sieb gestellt, wodurch freies Ausfließen gewährleistet wurde, und haben außerdem in der Regel den Zylinder während der Vertropfenszeit mehrmals gedreht. In einigen Fällen untersuchten wir bei großen und kleinen Zylindern das Vertropfen während mehreren Stunden unter Ergreifen der nötigen Vorsichtsmaßregeln gegen die Verdunstung. Wir erhielten immer noch einige Gramm Abnahme über den Zweistundenwert hinaus, doch kaum je mehr als 1% Luftkapazität entsprach[1]).

Die eine Fehlerquelle der Bestimmung der Wasserkapazität wird also die Wasserkapazität verkleinern, die andere vergrößern. Auf die Luftkapazität ist der Einfluß umgekehrt. Man wird geneigt sein, die nicht völlige Aufsättigung im Wasserbade für bedeutender zu halten, wodurch die Luftkapazität zu groß erscheinen müßte. Ich glaube eher, daß sich die beiden Komponenten im allgemeinen annähernd aufheben werden. Da auch das Erdevolumen, wie wir gesehen haben, eher zu groß als zu klein ausfällt, so dürfte jedenfalls der Wert für die Luftkapazität nicht wesentlich zu groß, sondern annähernd richtig sein. Dafür spricht auch die Tatsache, daß Burger bei seinen Untersuchungen hin und wieder negative Luftkapazität erhielt, was nur dadurch möglich ist, daß die zu seiner Errechnung benutzten Werte zu groß sind (Erdevolumen + Wasserkapazität > 100). In Wirklichkeit ist dieser Zustand ja nicht möglich.

Durch die Methode Siegrist wird die Luftkapazität primär, als Gewichtsdifferenz des wassergefüllten und des vertropften Zylinders bestimmt. Nun ist gerade die Bestimmung des Gewichtes des wassergefüllten Zylinders, von der die Zuverlässigkeit aller Berechnungen

[1]) Viel größere Beträge erhielt beim Abtropfen G. Schreckenthal-Schimitschek (Beih. Bot. Centralblatt **52** 1935, Abt. B., S. 455). Da sie aber ihre Zylinder zum Abtropfen auf Fließpapier stellte und dieses so lange erneuerte, bis es trocken blieb, trat zugleich eine kapillare Saugwirkung ein, die gänzlich veränderte Bedingungen schuf, so daß sich ihre Ergebnisse nicht mit den beim normalen Vertropfen erhaltenen vergleichen lassen.

der Methode Siegrist mit Ausnahme des Wassergehaltes der frischen Probe abhängt, besonders schwierig und mehrfachen Fehlern ausgesetzt. Bereits wurde darauf hingewiesen, daß ein Fehler durch das Mitwägen des anhaftenden Wassers bedingt ist. Wir haben versucht, ihn zu verkleinern, indem wir den nassen Zylinder rasch etwas abtrockneten. Doch muß dies in dem Bruchteil einer Sekunde geschehen, da das abtropfende Wasser sogleich aus dem Zylinder auszulaufen beginnt. Infolge des am Zylinder haftenden Wassers erscheint die Luftkapazität etwas zu groß. Wir haben diesen Fehler auf etwa 3 bis 5 g geschätzt, was einer Luftkapazität von 1,2 bis 2% entspricht. Er wurde in den Angaben der Luftkapazität nicht abgerechnet, sonst würde diese in den meisten Proben gleich Null oder sogar negativ geworden sein. Gegenüber dieser die Luftkapazität vergrößernden Fehlerquelle liegen zwei andere vor, die verkleinernd wirken und von denen wir glauben, daß beiden ein gewisser Anteil zukomme. Erstens das unvollständige Vertropfen. Was wir darüber bei der Methode Burger gesagt haben, gilt auch hier. Zweitens die unvollständige Aufsättigung mit Wasser. Es war auffallend, wie gering der Effekt der zum Evakuieren der Siegrist-Ausrüstung beigegebenen Luftpumpe sich trotz ausdauernder Bemühung auswirkte. Manchmal war er gleich Null. Beim Eintauchen des Zylinders in das Gefäß stiegen Blasen auf, und während des Evakuierens nur noch wenige, von denen man den Eindruck erhielt, daß sie nur mit Mühe zur Oberfläche gelangen konnten. Wir brachten daraufhin das Gefäß mit dem Zylinder unter die Wasserluftpumpe und konstatierten hier ein intensives und lange andauerndes Aufsteigen von Luftblasen. Die Wägung des gesättigten Zylinders wurde zweimal durchgeführt, zuerst nach der Evakuierung durch die Velopumpe und dann nach der Behandlung mit der Wasserluftpumpe. Als mittlere Gewichtszunahme unter der Wasserluftpumpe erhielten wir 6 g. Wahrscheinlich haben wir auch unter der Wasserluftpumpe nicht alle Luft entziehen können. Die Pumpe konnte nicht mit voller Kraft eingesetzt werden, weil sich sonst trotz des abschließenden Deckels samt Leinenlappen (die übrigens für den Austritt der Luft ein wesentliches Hindernis bedeuten) beträchtliche Mengen der Erde loslösten und in das Wasser übergingen. Kleinere Verluste von Erde sind nicht zu verhindern, wie auch nicht bei der Sättigung nach der Methode Burger; sie bleiben aber nach den angestellten Messungen in der Regel weit unter 1 Volumenprozent.

Für die zweite Serie der Böden (Institutsgarten) haben wir auch das Vertropfen zweimal vorgenommen. Wir ließen nach der Evakuierung mit der Velopumpe vertropfen, sättigten mit der Wasserluftpumpe wieder auf und ließen von neuem vertropfen. Es tropfte aber während des zweiten Vertropfens nur wenig Wasser mehr aus als nach der Aufsättigung mit der Velopumpe, in einzelnen Fällen sogar gleichviel oder weniger, was dadurch bedingt ist, daß bei der Aufsättigung mit der Wasserluftpumpe sich Bodenkapillaren mit Wasser füllten, die ihr Wasser beim Vertropfen nicht mehr abgaben, vielleicht aber zum Teil auch auf Veränderungen der inneren Bodenstruktur unter der Wasserluftpumpe hindeutet. In der Tabelle haben wir überall die aus dem Vollgewicht nach der Sättigung mit der Wasserluftpumpe ermittelten Werte angegeben, außerdem für die Böden aus dem Institutsgarten die beiden Werte für die Luftkapazität (S_1 = nach der Aufsättigung der Velopumpe, S_2 = nach der Aufsättigung mit der Wasserluftpumpe). Sie sind aus dem angegebenen Grunde nur wenig voneinander verschieden, während die Differenz im Sättigungsgewichte bei der Berechnung von Luftgehalt und Wasserkapazität voll in Erscheinung tritt.

Wahrscheinlich beruht der Unterschied in den Werten für die Luftkapazität, den die beiden Methoden uns gegeben haben, zum größern Teil auf einem zu geringen Werte der Methode Siegrist. Natürlich werden bei dieser Methode auch alle andern Werte, die wir zu bestimmen gesucht haben, mit Ausnahme des Wassergehaltes des frischen Bodens durch den Fehler in der Bestimmung des Vollgewichtes in Mitleidenschaft gezogen, da wir zu ihrer Berechnung auf das Vollgewicht des Zylinders abstellen müssen. Doch handelt es sich bei ihnen um so hohe Prozentzahlen, daß der von der ungenauen Bestimmung des Vollgewichtes, resp. von der Luftkapazität herrührende Fehler die Vergleichbarkeit nicht verhindert. Die Unsicherheit in bezug auf die Luftkapazität ist aber um so unangenehmer, als sie der ökologisch wichtigste der hier ermittelten Werte ist (wir sehen vom Wassergehalt ab, da dieser sich ja jederzeit leicht und genau bestimmen läßt). Es ist sehr wünschbar, daß die Frage der Genauigkeit der Bestimmung der Luftkapazität nach beiden Methoden durch Experimente in größerem Umfange und bei Verwendung verschiedener Bodentypen, eventuell auch künstlicher Bodenmischungen eingehend geprüft wird.

Wir haben bei unseren Untersuchungen mit Böden gearbeitet, die zwar sehr verbreitet und wichtig sind, aber für die physikalische Untersuchung besondere Schwierigkeiten bieten, infolge ihrer Dichte und Wasserundurchlässigkeit, welche sowohl die rasche Aufsättigung als auch das Vertropfen erschweren. Bei lockeren, leichter wasserdurchlässigen Böden wird sich der von uns gefundene Fehler kaum stark geltend machen. Siegrist gibt in seiner einleitend genannten Anleitung für die Auenwaldböden an der Drau Werte der Luftkapazität bis 23% an. In den von uns untersuchten Beispielen bleibt übrigens nach beiden Methoden die Zuordnung der Böden zu der Gruppe mit geringer Luftkapazität bestehen. Aber 2,2 und 6% (resp. 1,4 und 4,8%) machen immerhin in der Abschätzung der Bonität einen wesentlichen Unterschied aus.

ERSTE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERBREITUNG UND DIE VITALITÄT EINIGER ALPENPFLANZENARTEN IN IHRER BEZIEHUNG ZUR BODENAZIDITÄT

von *Gina Luzzatto*, Mailand

Die Azidität des Bodens hat sich als ein wichtiger Faktor in der Verbreitung der Pflanzenarten erwiesen, und in der pflanzensoziologischen Literatur werden die Pflanzen sehr häufig nach ihren Ansprüchen an die Bodenazidität als basiphile, neutrophile, azidiphile und indifferente Arten unterschieden. Diese Einteilung beruht vorwiegend auf Erfahrungstatsachen und allgemein pflanzensoziologischen Erwägungen; bei verhältnismäßig wenigen Arten hat man durch eingehende Messung den Bereich der Bodenazidität, in welchem die Art gedeihen kann, festgestellt, und nur in vereinzelten Fällen durch das Experiment diese Grenzwerte festzulegen versucht.

Auf Anregung von Herrn Dr. W. Lüdi habe ich während eines Studienaufenthaltes am Geobotanischen Institute Rübel in Zürich versucht, die Aziditätsansprüche einiger Alpenpflanzen näher zu untersuchen. Die Untersuchung wurde auf der Schinigeplatte bei Interlaken (2000 m ü. M.) im Arbeitsplatze des Institutes angefangen und später in Zürich und im Oberengadin weiter fortgesetzt und erstreckte sich auf drei Arten: *Festuca rubra* ssp. *commutata*, *Luzula silvatica* und *Nigritella nigra*. Die erste dieser Arten wird in der Literatur meist in bezug auf die Bodenazidität als indifferent, die zweite als azidiphil und die dritte als kalkliebend (wohl gleich basiphil zu setzen) angegeben.

Die Verbreitung dieser drei Arten in den verschiedenen Pflanzengesellschaften wurde verfolgt, ferner an möglichst zahlreichen Stellen die Azidität ihrer Rhizosphäre gemessen und zugleich die Vitalität der Individuen beobachtet. Durch statistischen Vergleich der erhaltenen Materialien mußte sich ergeben, wie diese Arten in dem Untersuchungsgebiete innerhalb ihrer Bodenaziditätsgrenzwerte ver-

teilt sind und in welchem Bereiche sie optimales Gedeihen aufweisen. Die Messung der Bodenazidität wurde auf elektrometrischem Wege vorgenommen.

In der zur Verfügung stehenden Zeit war es nicht möglich, das Beobachtungsmaterial in dem Umfange zu gewinnen, wie es zur statistischen Auswertung notwendig ist. Da es unsicher ist, ob die Untersuchungen fortgesetzt werden können, so sollen hier die hauptsächlichen Ergebnisse in einer knappen Zusammenfassung veröffentlicht werden. Eine eingehendere Darstellung soll in einer italienischen Zeitschrift erscheinen [1]).

1. Festuca rubra ssp. commutata. Von dieser Art wurden 64 Proben untersucht, 49 von der Schinigeplatte, und 15 von St. Moritz im Engadin. Sie ist eine weitverbreitete und oft vorherrschende Art in den alpinen und subalpinen Rasen mannigfacher Art. Die Vitalität dagegen ist in den verschiedenen Gesellschaften ungleich hoch [2]). Das ergibt sich aus der nachstehenden Zusammenstellung, welche die Proben umfaßt, die sich einer bestimmten Assoziation oder einer einheitlichen Gruppe von Gesellschaften zurechnen lassen. Auf der Schinigeplatte wurden die verschiedenen Assoziationen möglichst gleichmäßig berücksichtigt; die Engadinerproben stammen aus dem Nardetum oder aus nicht näher zu definierenden Mischbeständen.

Festucetum rubrae commutatae	7	Proben	mittlere	Vitalität	2,9
Caricetum ferrugineae	8	„	„	„	2,2
Nardetum strictae	26	„	„	„	1,5
Seslerieto-Semperviretum	4	„	„	„	1,2
Übergänge zum Nardetum (vermagernde Rasen)	15	„	„	„	0,6

Die pH-Werte der untersuchten Bodenproben sind gestreut von 4,07–7,69 mit einer ausgesprochenen Häufung zwischen pH 5,0 und 5,5 (vgl. das Kurvenbild, Abb. 1).

---

[1]) *Reale Istituto Lombardo di Scienze e Lettere*, Rendiconti **68** Fasc. VI–X – Milano 1935.

[2]) Die Vitalität wurde nach einer vierteiligen Skala geschätzt: 3 = normal entwickelt, 2 = leichtere Hemmung, 1 = starke Hemmung, + = kümmerliches Gedeihen in sterilen Individuen. Bei der Berechnung der Mittelwerte wurde die unterste Stufe (+) als Null gezählt.

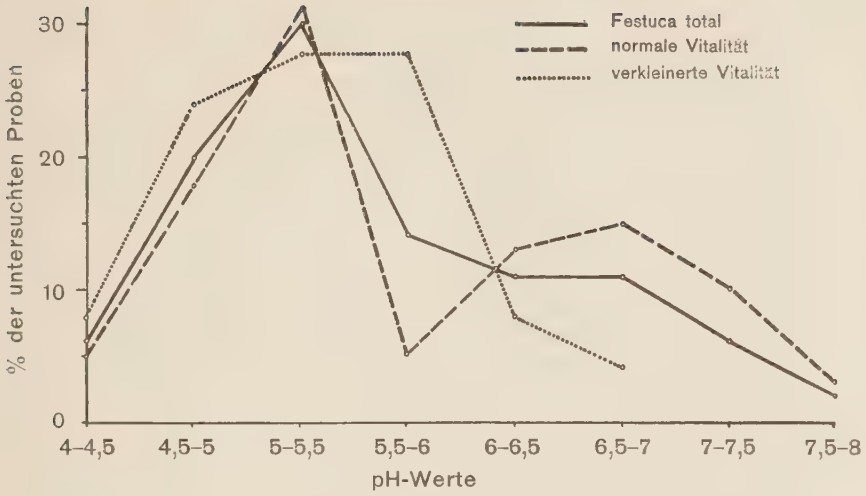


Abb. 1

Verteilung der *Festuca rubra* ssp. *commutata* – Proben auf die verschiedenen Aziditätswerte des Bodens

In der Abbildung ist versucht worden, die Beziehungen zwischen der Vitalität und der Azidität darzustellen. In die Gruppe der normalen Vitalität wurden die Vitalitätsgrade 3 und 2 zusammengefaßt, und ihr die Grade 1 und + als verringerte Vitalität gegenübergestellt. Das Maximum der normalen Vitalität fällt ebenfalls auf pH 5 bis 5,5, ein zweites kleines Maximum auf pH 6,5 bis 7. Die Proben mit verringerter Vitalität fallen hauptsächlich auf pH 4,5 bis 6,0.

Das Maximum des Gedeihens scheint für diese Art also im Boden mit einer gemäßigten Azidität zu liegen. Das starke Ansteigen der Kurve im Neutralpunkte der Azidität legt die Vermutung nahe, daß hier eine besondere, vielleicht nur physiologische Rasse vorliegt, die den neutralen Böden angepaßt ist. Die besten Vitalitätswerte haben wir in dem schwach sauren Festucetum rubrae commutatae erhalten, während die Gesellschaften mit beinahe neutralem (Seslerieto-Semperviretum) oder alkalischem (Caricetum ferrugineae) Boden bereits eine verringerte Vitalität aufweisen. Die Harmonie zwischen dem nach *Festuca rubra commutata* benannten Bestandestypus und den ökologischen Ansprüchen der Art ist sehr auffallend, betrifft aber

nicht nur die Bodenazidität. Das kümmerliche Gedeihen, das die Art in den Nardeten und in den vermagernden Rasen gewöhnlich aufweist, ist weniger auf die Versauerung des Bodens als auf die mangelnden Nährstoffe zurückzuführen. Infolgedessen wächst sie aus den durch das Vieh gedüngten Stellen der Weiden üppig heraus, ohne daß sich die Azidität der Böden geändert hätte, um nach ein paar Jahren, wenn die Düngstoffe erschöpft sind, wieder zur völligen Bedeutungslosigkeit herabzusinken. Die verhältnismäßig guten Vitalitätswerte der Nardeta sind auf diese Erscheinung zurückzuführen. In den Versuchsflächen von Dr. Lüdi auf der Schinigeplatte wurde durch Volldüngung ohne Kalk beinahe regelmäßig ein üppiges und dominierendes Gedeihen von *Festuca rubra commutata* erreicht, deren schwächliche Triebe vorher in dem mageren Nardetum kaum aufzufinden waren.

Luzula silvatica. Von dieser Art wurden 27 Proben untersucht, davon 16 auf Schinigeplatte und 11 von der Umgebung von St. Moritz. Die Proben von der Schinigeplatte stammen zum Teil aus dem sauren Nardetum, zum Teil aus frischen, staudenreichen Rasen mit *Festuca pulchella*, *Carex ferruginea*, *Festuca rubra commutata*, und Übergängen zu Zwerggebüsch. Hier war der Boden nur wenig sauer oder neutral. Bei St. Moritz wurde *Luzula silvatica* einerseits in Pflanzengesellschaften gesammelt, die zum Rhodoretumverband gehörten (pH ca. 4,5), anderseits in frischen Wiesen mit *Deschampsia caespitosa*, pH 5 bis 6. Die Vitalität war auf der Schinigeplatte in den frischen Wiesen meist 3, in den Nardeten 2, im Engadin stets 3. Aus der Kurvendarstellung der Aziditätswerte (Abb. 2) ergibt sich eine breite Zone des Gedeihens (4,17 bis 7,35), wobei die Vitalität 3 noch bei 4,17 und 6,78 erreicht wird; die Probe bei 7,35 hat die Vitalität 2. Maxima liegen bei 4,5 bis 5,0 und bei 6,0 bis 6,5. Die Zahl der Proben genügt nicht, um zu entscheiden, ob in dieser Zweigipfeligkeit der Kurve ein Zufall vorliegt, der bei reicherem Material verschwinden würde, oder ob es sich um eine Gesetzmäßigkeit handelt, in welchem Falle man in erster Linie an zwei verschiedene Rassen denken würde, die vielleicht nur physiologisch unterschieden sind. In solchen Zweifelsfällen sollte man zu Kulturversuchen greifen.

Nigritella nigra. Von dieser Art wurden 32 Proben untersucht, 17 von der Schinigeplatte und 15 aus der Umgebung von Silvaplana und aus dem Fextale. Die Vitalität konnte bei dieser Art nicht in

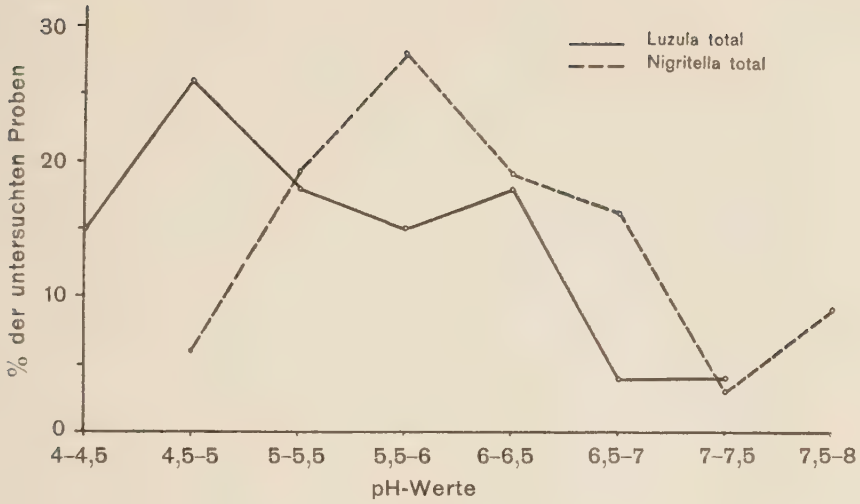


Abb. 2

Verteilung der Proben von *Luzula silvatica* und *Nigritella nigra* auf die verschiedenen Aziditätswerte des Bodens

Betracht gezogen werden. Die Exemplare stammten im Schinigeplatte-Gebiet aus dem Caricetum ferrugineae, dem Seslerieto-Semperviretum, Übergängen zum Nardetum, dem Nardetum und dem Elynetum, im Gebiet von Silvaplana-Fex aus dem Seslerieto-Semperviretum, verschiedenen Mischbeständen und dem Nardetum. Die Darstellung der Aziditätswerte (s. Abb. 2) ergibt eine Streuung der Werte von 4,75 bis 8,00 mit einem ausgesprochenen Gipfel bei pH 5,5 bis 6,0. Der kleine Gipfel bei 7,51 bis 8,0 dürfte zufälliger Art sein. Es sei besonders hervorgehoben, daß *Nigritella* in den Nardeten der Schinigeplatte, die ein pH von etwa 4,5 bis 5,0 aufweisen, recht gut gedeiht; in einer der Probeflächen von 1 m² wurden neun blühende Individuen gezählt. Man wird diese Art also nicht als basiphil, sondern innerhalb der Grenze von mittlerer Azidität bis zu leichter Basizität als ziemlich indifferent bezeichnen dürfen, und es scheint, daß für ihre Verbreitung andere Faktoren als die Azidität weit wichtiger sind, wahrscheinlich vor allem eine gewisse Trockenheit und ein bestimmter Humusgehalt des Bodens.

OEKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EPIPHYTENSTANDORTEN

von *Fritz Ochsner*, Muri

Die Verdunstungsmessungen vom August bis September 1932, über die bereits berichtet worden ist[1]), wurden auf etwas breiterer Basis bis Ende September 1933 weitergeführt. Gleichzeitig mit der Verdunstung wurde auch die relative Feuchtigkeit und die Temperatur gemessen. Außerdem wurde an einer Regenrille des Baumes ein Gefäß angebracht, welches von einem 10 cm breiten Streifen Rinde das Regenwasser auffing. Die Instrumente befestigten wir abweichend von den früheren Untersuchungen in folgender Höhe über dem Boden (Abb. 1):

Nr. 1 an einer Stange auf einem freien Platz im Garten, 1,7 m über dem Boden.

Nr. 2 am Stamm eines Apfelbaumes, Exp. N, bei *Xanthoria par.*, 1,2 m über dem Boden.

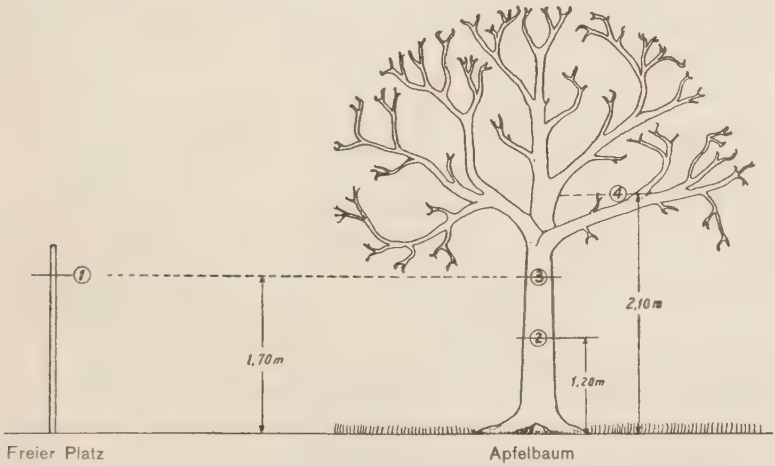


Abb. 1

Schematische Skizze der Beobachtungsstationen in Wohlen, Sonnenweg, 435 m ü. M., an schwach geneigtem Südhange

[1]) Bericht über das Geobot. Inst. Rübel für das Jahr 1932 (58–63).

Nr. 3 am Stamm eines Apfelbaumes, Exp. NW, bei *Xanthoria par.*, 1,7 m über dem Boden.

Nr. 4 an einem schwach geneigten Ast des Apfelbaumes, über *Parmelia scortea*, 2,1 m über dem Boden.

Die Evaporimeter von Piche, die Hygrometer und Thermometer, welche uns freundlicherweise vom Geobotanischen Institut Rübel überlassen wurden, hängten wir so nebeneinander auf, daß eine gegenseitige Beeinflussung nicht zu bemerken war. Leider beeinträchtigt aber eine solche Art der Aufhängung den Wert der Messungen etwas, da sich diese nicht auf genau denselben Standort beziehen. Doch sind die Unterschiede in bezug auf Temperatur und Verdunstung mit den uns zur Verfügung stehenden Meßapparaten kaum wahrzunehmen.

Die Messungen wurden von Mitte Oktober 1932 bis Anfang Dezember 1932 ununterbrochen jeden Tag ausgeführt, bis die immer stärker werdenden Fröste weitere Ablesungen an den Evaporimetern verunmöglichten.

Am 7. März 1933 nahmen die Messungen ihren Fortgang, und sie wurden mit kleinen Unterbrechungen bis Ende September 1933 weitergeführt. Die Ablesungen erfolgten je 7 Uhr, bzw. 6 Uhr morgens und abends, bisweilen auch mittags, an einigen Stichtagen alle zwei Stunden.

Verfolgen wir zunächst den Gang der Verdunstung während der obgenannten Zeit (Abb. 2).

In den Monaten Oktober bis Dezember erschien die Verdunstung am freien Platz, wie auch an den übrigen Standorten am kleinsten. Im März–April erreichte sie ein erstes Maximum und fiel dann im Mai leicht ab. Der Juni zeigte keinen nennenswerten Anstieg. Die verhältnismäßig geringe Verdunstung in diesen beiden Monaten ist dem ungünstigen Witterungscharakter zuzuschreiben. Zählten wir doch im Mai 23, im Juni 21 trübe, zum Teil regnerische Tage. Der durchwegs schöne Juli brachte ein starkes Ansteigen der Evaporation. Das Maximum der täglichen Verdunstung am freien Platze wurde am 27. bis 28. Juli erreicht mit 11,36 cm^3. Am 27. und 28. Juli, wie auch an den vorangehenden Tagen herrschte schönes Wetter. Im August war sowohl die maximale, als auch die mittlere Verdunstung geringer, immerhin beträgt erstere noch 9,86 cm^3. Im Sep-

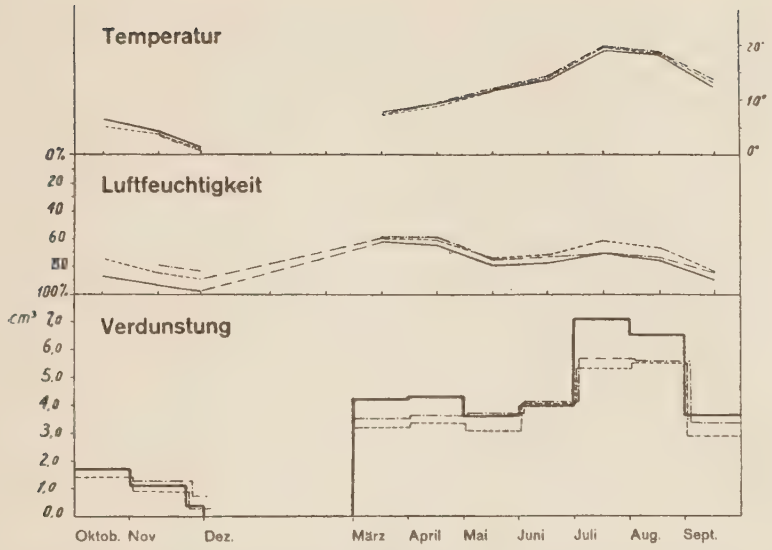


Abb. 2

Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Verdunstung der Beobachtungsstationen in Wohlen für die Monate Oktober 1932 bis und mit September 1933 (exklusive Januar und Februar 1933).

Oben und in der Mitte: Kurven der mittleren abendlichen (18 Uhr) Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerte.

Unten: Kurven der mittleren täglichen Verdunstungsgrößen.

——————— Freilandstation 1; 1,7 m über dem Boden

– – – – – – – – – – – – Standort 3; Apfelbaum; 1,7 m über dem Boden

—·—·—·—·—·—·— Standort 4; Apfelbaum; 2,1 m über dem Boden

tember fiel sie rasch ab. Auch wir konnten wie Walter[1]) im Herbst eine kleinere mittlere Verdunstung konstatieren als im Frühling (März–April).

Unterziehen wir einzelne Tage und Monate einer genaueren Untersuchung, vergleichen wir den Gang der Verdunstung mit der Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft und der Temperatur. In den Monaten September, Oktober und November traten häufig starke Nebel auf, so daß die Hygrometer auch um 12 Uhr mittags noch 100% Feuchtigkeit anzeigten, wohingegen März und April keine eigentlichen

[1]) Walter, H.: Verdunstungsmessungen auf kleinstem Raum in verschiedenen Pflanzengesellschaften. Jahrb. für wissenschaftl. Botanik **68** 1928.

Nebeltage aufwiesen und die Hygrometer eine durchschnittlich viel trockenere Luft registrierten. Nur wenige Stunden oft sank in den Herbst- und Wintertagen die Feuchtigkeit unter 100%, um gegen 16 Uhr abends schon wieder auf 100% zu steigen. Kleinere Luftbewegungen genügten, um den Feuchtigkeitsgehalt beträchtlich zu senken. So konnte festgestellt werden, daß auch bei feinem Regen die Hygrometer nur 60 bis 80% Feuchtigkeit anzeigten, wenn gleichzeitig ein leichter Wind wehte. — Da mit sinkender Temperatur der Dampfdruck abnimmt, so ist natürlich schon aus diesem Grunde eine geringere Verdunstung zu erwarten als im Sommer, was auch durch die Messungen bestätigt wird.

Verfolgen wir den Verdunstungsverlauf am 1. November 1932. Die Messungen geschahen in zweistündigen Intervallen. Der 1. November war ein mehr oder weniger trüber Tag. Die nächtliche Verdunstung betrug in 12 Stunden 0,25 cm³ bei einer Minimaltemperatur von +2°. Um 8 Uhr morgens war der Himmel vollständig bedeckt. Das Hygrometer 1 zeigte 99,5%, das Thermometer 3,2°. Bis 10 Uhr verdunstete nur 0,05 cm³ Wasser bei gleichem Hygrometerstand und einer Temperaturzunahme von 0,8°. Gegen Mittag erhob sich ein schwacher Wind und lockerte die Wolkendecke etwas. Um 12 Uhr schien die Sonne (⁸/₁₀). Die Verdunstung hatte nur schwach zugenommen (0,08 cm³), während die Temperatur auf 6,5° gestiegen war. Bei etwas stärkerem Winde und einer Luftfeuchtigkeit von 76 bis 88% (¹⁰/₁₀ bed.) waren um 14 Uhr bei 4,5° 0,11 cm³ Wasser verdunstet, um 16 Uhr (So, ⁹/₁₀ bed.) wieder nur 0,06 cm³ im zweistündigen Intervall. Die Luftfeuchtigkeit betrug zu dieser Zeit 100%. Um 18 Uhr war die Temperatur auf 1,8° gefallen, das Evaporimeter wies noch den gleichen Stand auf wie um 16 Uhr.

Messungen während einer Pentade (vom 1. bis 5. November) zeigten, daß die mittlere Luftfeuchtigkeit morgens am größten war, nämlich 96% bei einer Temperatur von nur 0,2°. Der mittlere Hygrometerstand um 12 Uhr 30 betrug 74% bei einer mittleren Temperatur von 7,4°. Abends 18 Uhr zeigten die Instrumente durchschnittlich eine um 6% geringere Feuchtigkeit als am Morgen bei einer mittleren Temperatur von 4,8°. Der mittlere Tageswert belief sich auf 87% Feuchtigkeit und 4,1°, währenddem die mittleren Abendwerte im November 94% und ebenfalls 4,1° betrugen, im ersten Dezemberdrittel 97% und 1,3°. Die mittlere Verdunstung in der ersten No-

vemberpentade am freien Platz wurde zu 1,07 cm³ ermittelt, diejenige des ganzen Monats zu 1,12 cm³.

Im März waren eine Anzahl sehr trockener Tage mit Feuchtigkeitsmitteln unter 50% zu verzeichnen. So erreichte das Hygrometer 1 am 28. und 29. März Tiefstände von 27, bzw. 29%. Merkwürdigerweise fiel das Maximum der Verdunstung nicht auf diese beiden Tage, die doch hell und sonnig waren, sondern auf den 17. bis 18. März. In 24 Stunden verdunstete 9,8 cm³ Wasser bei 50 bis 100% Feuchtigkeit. Vom 22. auf den 23. März erreichte die Verdunstung fast dasselbe Maß, nämlich 9,30 cm³ bei 40 bis 41% relativer Feuchtigkeit. Während diesen Tagen wehte eine ziemlich starke Bise, welche die starke Erhöhung der Verdunstung bewirkte. Es zeigte sich auch hier wieder, daß ein Wechsel der Luft auch bei relativ feuchtem Zustande derselben eine größere Verdunstung zur Folge hat, als bei ruhender trockener Luft. Wir konstatierten im März 1933 die größte mittlere Lufttrockenheit bei den abendlichen Ablesungen während der ganzen Meßperiode. Trotzdem nur die Abendablesungen berücksichtigt werden konnten, so geben uns diese auch ein ganz gutes Bild über die Veränderung der Luftfeuchtigkeit während der verschiedenen Jahreszeiten, wie übrigens ein Vergleich mit den Daten benachbarter meteorologischer Stationen lehrt. Gerade diese Messungen zeigen, daß die Trockenheit bis in den Abend hinein anhält, obschon die Sonnenbestrahlung nicht so lange einwirkt, wie im Sommer. Es mag dies mit den verhältnismäßig geringen Regenmengen im März und den häufigen trockenen Winden zusammenhängen.

Die Luftfeuchtigkeit nahm gegen den Sommer hin zu, von 65% im April auf 79½% im Mai und 78% im Juni, um im Juli auf 71% abzusinken. Die hohen Luftfeuchtigkeitswerte im Mai und Juni sind auf die Regenperioden in diesen Monaten zurückzuführen.

Die mittlere Verdunstung geht ungefähr parallel dem Grade der Lufttrockenheit. Sie betrug im April 4,32 cm³, in den zwei folgenden Monaten 3,64 cm³ und 3,99 cm³. Sie erreicht im Juli das Maximum von 7,11 cm³. Ein wesentlich anderes Bild des Verdunstungsverlaufes als im November ergibt sich im Juli. Wir greifen einen Tag aus der dritten Dekade heraus, den 21. Juli. Dieser Tag war schön bis zum Abend. Um 19 Uhr 30 hingegen war der Himmel zu neun Zehntel bedeckt. Morgens 7 Uhr war am Himmel nur ein leichter Cirrusschleier vorhanden (²/₁₀). Das Thermometer 1 zeigte schon 18° und stieg

mittags auf 30,1° an. Die Cirruswolken verdichteten sich bis zum Abend. Die Luftfeuchtigkeit stieg im Laufe des Tages von 57,5% auf 99% an. Die Verdunstung war deshalb am Morgen größer als nachmittags und belief sich in 24 Stunden auf 7,46 cm³. Um 19 Uhr betrug die Temperatur noch 20°. Die nächtliche Verdunstung war 1,10 cm³ bei einer Minimaltemperatur von 12°. Am nächsten Morgen zwischen 10 und 11 Uhr entlud sich ein kurzes Gewitter, dem am Nachmittag ein weiteres folgte.

Mit dem Nahen des Herbstes nimmt die Nebelhäufigkeit zu. Die mittlere abendliche Luftfeuchtigkeit belief sich im August auf 77,5%, im September gar auf 90%. Daraus erklärt sich, bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Temperaturabnahme die geringere mittlere Verdunstung, 6,51 cm³ im August und 3,58 cm³ im September.

Können wir im allgemeinen eine gewisse Regelmäßigkeit im Ansteigen der Mittelwerte und Maximalwerte der Verdunstung vom Winter zum Sommer feststellen, so ist das für die Minimalwerte nicht der Fall (Abb. 3). Die Luft kann sowohl im Sommer als auch im Winter mit Wasserdampf gesättigt sein. Dadurch ergeben sich Minima, die den Wert 0 erreichen durch alle Jahreszeiten hindurch, besonders an wind-

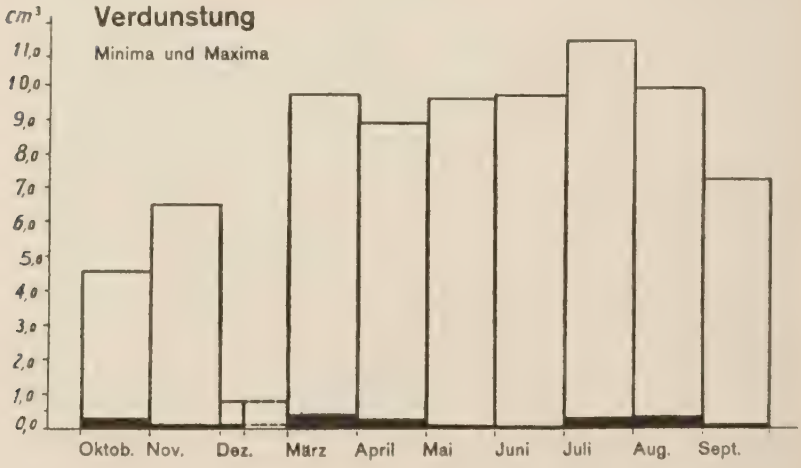


Abb. 3

Maximal- und Minimalwerte der täglichen Verdunstung an der Freilandstation Wohlen vom Oktober 1932 bis Oktober 1933

stillen, regnerischen oder nebligen Tagen. Im Juli betrug die minimale Verdunstung am freien Platz 0,57 cm³, am 14. bis 15. Juli, im August 1933 0,70 cm³. Ja, es wurde an solchen Tagen, wenn das Evaporimeter nicht ganz mit Wasser gefüllt war, eine wenn auch geringe Wasseraufnahme konstatiert. Maximale Wasserabsorptionen nahmen wir wahr in der Nacht vom 9. bis 10. November, nämlich 0,47 cm³, am 31. Mai bis 1. Juni, 0,41 cm³. Die bei Regen oder Nebel eingesogene Wassermenge ist abhängig von der Luftmenge im Glasrohr, von der Größe des Temperaturabfalles und von der Verdunstung zwischen zwei Regenfällen (Walter). Durch die bei Regenfällen eintretende Abkühlung der Luft im Evaporimeter zieht sich diese zusammen, es entsteht ein luftverdünnter Raum. Befindet sich Wasser auf dem Papier, so wird dieses durch den äußeren Luftdruck ins Innere des Rohres gepreßt und der Meniskus steigt. Ist aber das Evaporimeter noch ganz gefüllt, so ist natürlich eine Wasseraufnahme in diesem Falle nicht zu bemerken.

Im allgemeinen ist zu sagen, daß sowohl die Differenzen zwischen maximaler und mittlerer (minimaler) Verdunstung, als auch diejenigen zwischen maximaler und minimaler Luftfeuchtigkeit im Frühling und Sommer größer sind als im Herbst und Winter. Doch können gelegentlich auch dann hohe Werte erreicht werden; so wurde vom 23. zum 24. November eine maximale Verdunstung von 6,55 cm³ festgestellt. Im übrigen blieb die tägliche Verdunstung in diesem Monat unter 2,11 cm³.

Bisher betrachteten wir die Verdunstungsverhältnisse an einem freiliegenden Platz. Im folgenden sollen nun die ökologischen Daten und ihre Veränderung während der verschiedenen Jahreszeiten an dem in der Nähe jenes Platzes stehenden Apfelbaum geprüft werden.

Wie schon die Untersuchungen im Sommer 1932 ergaben, sind die Verdunstungswerte am Baum geringer als am Freiland-Evaporimeter 1, doch kann unter besonderen Umständen auch der umgekehrte Fall eintreten.

Die Differenzen sind am geringsten nach vollständiger Entlaubung des Baumes. Es findet eine Angleichung statt an die Verhältnisse des freien Platzes. Besonders gilt dies für die Temperaturverhältnisse. Greifen wir die Tage vom 27. bis 30. November 1932 heraus. Diese waren alle trüb, am 28. des Abends fiel ein feiner Regen. In der Nacht vom 30. November auf den 1. Dezember trat Frost ein (—1,5°).

Am Morgen des 1. Dezember waren die Evaporimeter bereift, das Land in dichten Nebel gehüllt. Bei den in gleicher Höhe aufgehängten Evaporimetern verdunstete Nr. 1 am freien Platze mehr als Nr. 3 am Stamme. Es macht sich also doch noch der Einfluß des schützenden Stammes und Kronendaches geltend. Nur vom 30. November bis 1. Dezember trat eine durch Frost bedingte Umkehrung ein. Die Luftfeuchtigkeit war am freien Platze immer größer als am Stamm, und erreichte häufig 100%. Standort 2 am Baum, der sich 50 cm unter Nr. 3 befand, wies von allen die größte Lufttrockenheit auf. Daher ist es auch zu erklären, daß hier die Verdunstung oft stärker war als bei jenem. Evaporimeter 4, 210 cm über dem Boden, verdunstete überhaupt am meisten. Die gesetzmäßige Beziehung zwischen Luftfeuchtigkeit und Verdunstung läßt sich auch hier nachweisen. Standort 4 hat auch die größte Lufttrockenheit: der mittlere abendliche Hygrometerstand betrug hier 80,5% (3,9°) gegen 94% (4,1°) am freiliegenden Standort. Es gilt dies aber auch für die anderen Tageszeiten. Während einer Pentade vom 1. bis 5. November war die durchschnittliche Differenz im Hygrometerstand beider Orte 5% am Mittag, und 10% am Abend, wobei die Temperatur morgens und abends in der Krone etwas niedriger, am Abend etwas höher war als im Freien. Die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Standorten sind im allgemeinen nicht groß und betragen $^1/_{10}$ bis $^5/_{10}$-Grade. Dabei ist die durchschnittliche Tagestemperatur auf dem freien Platz meist etwas höher als diejenige am Baum. Der Unterschied zwischen den Extremtemperaturen ist auf dem freien Platze am größten; während der Pentade vom 6. bis 10. November durchschnittlich 6,9°; am kleinsten an Standort 2, nämlich 4,9°. Die Maxima sind in der Regel am ersten Standorte höher. Die Minimaltemperaturen weisen kaum bemerkbare Unterschiede auf.

Anders sind die Verhältnisse im Sommer. Die Verdunstung im Juli war am freiliegenden Platz besonders an schönen Tagen bedeutend größer als am Baum, selbst als am Standort in der Krone. Das gibt sich auch kund im Verlauf der Luftfeuchtigkeitskurve. Bei bedecktem Himmel und Regen trat hingegen der umgekehrte Fall ein. Bei lang anhaltenden Niederschlägen zeigten alle Hygrometer 100%. Morgens und mittags stellten wir an schönen Tagen im Juli und August auch eine größere Lufttrockenheit fest als am Baum, während gegen Abend sich die Verhältnisse umkehrten. Mit der rascheren

Abkühlung am freien Platz trat hier auch rascher eine Vergrößerung der Luftfeuchtigkeit ein, als unter dem Baum. Was die nächtliche Verdunstung anbetrifft, so konnte festgestellt werden, daß dieselbe im Sommer bei schönem und trübem Wetter am Stamm und in der Krone des Baumes größer war als am freien Platz.

Vergleichen wir die Mittelwerte der Verdunstung für die einzelnen Monate (Abb. 2), so fällt auf, daß Standort 4 im Mai und Juni höhere Mittel aufweist als Nr. 1, Juli, August und September hingegen kleinere. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung auf die Regenperiode im Mai bis Juni zurückzuführen. Auch im Sommer ist die Amplitude der Temperaturextreme am freien Standort am größten. Während der Pentade vom 6. bis 10. Juli durchschnittlich 16,8° gegenüber 14,8° am Standort 4, bei Minimaltemperaturen von 11, bzw. 12°.

Die Unterschiede in bezug auf die Epiphytenstandorte sind nicht so augenscheinlich wie diejenigen in der letztjährigen Untersuchung vom August/September. Es handelte sich nur um Flechtenstandorte, während die Moosstandorte infolge ungünstiger Aufhängungsmöglichkeiten der Instrumente nicht berücksichtigt wurden. Wir dürfen aber doch den Untersuchungen entnehmen, daß die Temperaturen nur einen geringen Einfluß auf die Verteilung der Epiphytenvegetation haben werden, hingegen die Feuchtigkeitsverhältnisse eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Vergleichen wir unsere Messungen mit denjenigen der naheliegenden meteorologischen Station Muri, so erkennen wir, daß die am Abend abgelesenen Temperaturwerte sich den Tagesmitteln dieser Station oft stark nähern. Die Hygrometerwerte weichen hingegen von den festgestellten Tagesmitteln beträchtlich ab, was auch ohne weiteres begreiflich erscheint.

Wir haben im letzten Sommer hier in Muri mit ähnlichen Untersuchungen begonnen, wobei ich mich wiederum der tatkräftigen Unterstützung des Geobotanischen Instituts Rübel erfreuen durfte. Das Kreisforstamt Muri stellte mir im Maiholz ein Waldstück von etwa einer Are für die Untersuchungen zur Verfügung. Der Platz wurde mit Stacheldraht umzäunt, um in Ruhe die Messungen durchführen zu können. An einer alten Eiche, etwa 12 m vom nördlichen Waldrand entfernt, befestigten wir am Stamm auf der Nord- und Südseite in drei Etagen Thermometer, Evaporimeter und Hygrometer, und zwar in 1,5 m; 10 m und 14 m Höhe vom Boden. Zwei

Meter südlich des Eichenstammes wurden drei Bodenthermometer eingegraben, 2 cm, 10 cm und 40 cm. Auf einer benachbarten mit Epiphyten reichbedeckten älteren Buche brachten wir in 1 m Höhe eine rings um den Stamm führende Blechrinne an, von welcher aus vier Ablaufröhrchen in zweilitrige Glasgefäße führen.

Bei Regen sammelt sich das am Stamme entlanglaufende Wasser in den Glasflaschen an. Diese haben sich aber als zu klein erwiesen. Bei einem Gewitterregen wurden letztes Jahr einmal 26 Liter Wasser gemessen. Wir konnten beobachten, daß noch viele Stunden nach dem Regen Wasser in breiten Striemen den Stamm hinunterfließt und die Gefäße innert kurzer Zeit wieder nachfüllt. Ist die Rinde nicht durch einen kürzlichen Niederschlag angefeuchtet, so kann es beim nächsten Regenguß eine, ja sogar mehrere Stunden dauern, bis sich in den Gefäßen Wasser ansammelt. Die Borke, sowie Moose und Flechten saugen begierig die ersten Wasserbäche auf, und erst wenn jene gesättigt sind, läuft das Wasser weiter. Innerhalb der Umzäunung stellten wir noch vier Regenmesser auf.

Etwa 200 m von der Waldstation entfernt, auf dem sogenannten Rothübel in der Wiese gelegen, sind die gleichen Instrumente an zwei Lärchenstangen befestigt, auch ein Regenmesser wurde angebracht. Da die Messungen noch weiter gehen, so können noch keine abschließenden Resultate gegeben werden.

Ich greife zwei fünftägige Meßperioden heraus, die eine im August, die andere im Oktober. Vorausgeschickt sei, daß die Tage vom 5. bis 9. August nicht durchweg gleichartig schön waren. Sämtliche Messungen wurden nach den Eichkurven umgerechnet.

Betrachten wir zunächst die Temperaturverhältnisse. Die durchschnittliche Temperaturdifferenz der Abendmessungen zwischen Rothübel (19,8°) und dem Standort 1,5 m Nord betrug 1,1° (18,7°); zwischen letzterem und der Krone war sie 1,0° (19,7°). In der Krone und im oberen Stammteil maßen wir eine höhere Temperatur als am Stammgrunde. Die Bodentemperatur war noch niedriger, 15,7° in 2 cm Tiefe, 14,7° in 10 cm Tiefe; am Rothübel 17,6° in 10 cm und 16,7° in 40 cm Tiefe.

Zahlenmäßig größer erschienen die Differenzen in bezug auf die Luftfeuchtigkeit und die Verdunstung. Die Rothübelstation wies sowohl große Lufttrockenheit, nämlich 65,4% mittlere relative Feuchtigkeit als auch große Verdunstung, 112 cm^3 in der genannten August-

pentade. An der Eiche hingegen konnte in 1,5 m Höhe auf der Südseite durchschnittlich eine Luftfeuchtigkeit von 90,1% und eine Verdunstung von nur 23,5 cm³ gegen 82,5% auf der Nordseite festgestellt werden. In der Höhe herrschte eine trockenere Luft vor, die Verdunstung war größer als unten am Stamm, die Luftfeuchtigkeit 76% auf der Nordseite, 81,5% auf der Südseite in 10 m Höhe, und 81% in der Krone bei 14 m Höhe, bei etwas geringerer Verdunstung als in 10 m Höhe.

Die Messungen während der Pentade vom 11. bis 15. Oktober zeigen uns wechselnde Unterschiede in den Bodentemperaturen zwischen Rothübel und Wald. Die Bodentemperaturen waren an beiden Orten 1 bis 6° höher als die Lufttemperaturen, am 15. Oktober fiel Regen und Schnee, es fand während der Meßperiode eine verhältnismäßig rasche und starke Abkühlung der Luft statt. Die Temperaturunterschiede zwischen Nord und Süd, oben und unten am Stamm waren geringer als in der Julipentade und betrugen 0,5°; die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse sind dieselben wie in der Julipentade, im Durchschnitt waren die Hygrometerwerte etwas niedriger als damals.

Betreff die Epiphytenvegetation an Eiche und Buche ist folgendes festzustellen. Am Eichenstamm dominiert bis in eine Höhe von 2 m auf der Nordseite *Hypnum cupressiforme var.*, darin eingestreut ist *Radula complanata.* Die Moosbedeckung beträgt hier volle 90%. Nach oben zu lockert sich der Moosteppich, neben *Hypnum cupressiforme* treten auch *Leucodon sciuroides* und *Evernia prunastri* auf, alles sehr anspruchslose Arten.

Auf der Oberseite der Äste ist die Bedeckung zum Teil wieder hundertprozentig. In der Krone, um die Instrumente herum finden sich: *Hypnum cupressiforme*, *Frullania dilatata*, *Orthotrichum Lyelli* und *Parmelia caperata.* Auf der Südseite des Stammes ist die Epiphytenvegetation viel spärlicher entwickelt. Am Grunde wächst *Hypnum cupressiforme;* bei den Instrumenten in 1,5 m Höhe treffen wir nur *Evernia prunastri* und Flechtenanflüge. Eigentlich würde man auf der Südseite eine stärkere Epiphytenbedeckung erwarten, da ja die Luftfeuchtigkeit hier bedeutend größer ist als auf der Nordseite, die Verdunstung kleiner. Wir beobachteten aber auf der Südseite auch bei starkem Regenfall nur wenige feuchte Stellen auf der Rinde, die Nordseite hinunter rieselte das Wasser in ordentlichen

Bächen, dadurch die Ansiedelung und das Gedeihen der Epiphyten begünstigend, besonders jener Arten, welche dem Stamme anliegen, wie das bei *Hypnum cupressiforme*, *Radula complanata*, *Frullania dilatata* und verschiedenen Blattflechten der Fall ist. *Evernia prunastri* hingegen besitzt eine strauchartige Lebensform, welche nur mit einem kleinen Teil an der Rinde haftet, und besser befähigt ist als die vorher genannten Arten, die Feuchtigkeit der Luft auszunützen. Und so ist wahrscheinlich das Vorkommen dieser Art auf der Südseite des Stammes auf die größere Luftfeuchtigkeit zurückzuführen. Auf der 5 m von der Eiche entfernten Buche, an welcher der Regenablaufapparat angebracht ist, konnten wir eine ähnliche Erscheinung beobachten. Die Nordseite des Stammes weist eine neunzigprozentige Epiphytenbedeckung auf, Krustenflechten, Blattflechten, z. B. *Parmelia caperata*, *P. sulcata*, *P. cetrarioides*, *P. fuliginosa*, Leber- und Laubmoose. Auf der Südseite hingegen ist die Bedeckung weitaus schwächer, ca. 50% Krustenflechten und nur 5% Blattflechten und Moose. Die Regenablaufmessungen ergaben eine bedeutend größere Ablaufmenge auf der Nordseite als auf der Südseite.

Sicherlich darf damit auch die stärkere Entwicklung der Epiphytenvegetation auf der Nordseite in Zusammenhang gebracht werden. Unterhalb des Ablaufbleches verfärbten sich die dort befindlichen Moose und Flechten. Es kann ein deutliches Absterben derselben beobachtet werden; ob dieses durch die nun geringere Wasserzufuhr oder aber durch eine Giftwirkung von Metallionen verursacht wird, konnte noch nicht ermittelt werden.

Ich möchte zum Schlusse noch Herrn Dr. Lüdi und Herrn Dr. Vareschi meinen besonderen Dank aussprechen für die Ratschläge und die Mithilfe, die sie meiner Arbeit angedeihen ließen.

POLLENANALYSEN AUS GLETSCHEREIS[1])

von *Volkmar Vareschi.*

Vorläufige Mitteilung mit besonderer Berücksichtigung des Problems der Pollenstreuung.

1. Deutung von Pollendiagrammen.

Der Siegeszug der pollenanalytischen Methode ging von den skandinavischen Ländern aus und führte nach dem Weltkrieg über die ganze Erde, soweit nur Wissenschaft getrieben wird. Sie hat sich trotz des steten Auf und Ab von Überschätzung und Unterschätzung ihres Wertes durch ihre eigenen Resultate als brauchbar erwiesen. Die Tatsache, daß bei Hunderten von senkrechten Profilen durch postglazialen Torf immer wieder dasselbe charakteristische Spektrum einander ablösender „Waldzeiten" gefunden wurde, bestätigt ihre Brauchbarkeit mehr als die kritischste theoretische Prüfung. So wird heute die Frage nach der prinzipiellen Gültigkeit der durch die Pollenanalyse erarbeiteten Resultate nicht mehr gestellt. Dagegen interessiert sich der Pollenanalytiker immer mehr für den Umfang dieser Gültigkeit, also für die Grenzen der Leistungsfähigkeit seiner Methode.

Jede paläobotanischen Zwecken dienende Pollenanalyse beruht auf vier natürlichen Vorgängen: Pollenausstreuung meist durch windblütige Bäume, Pollentransport durch Wind und Wasser, Pollensedimentation und Pollenerhaltung. Diese Vorgänge sind überall, wo die entsprechende Vegetation vorhanden ist, nachweisbar. Auf ihnen beruht die Methode aber nicht nur, sondern es ist durch sie auch die Möglichkeit einer Verfälschung der Resultate gegeben. Wir wissen, daß gewisse Pflanzen in den Diagrammen überrepräsentiert sein werden, weil sie im Verhältnis zu andern besonders große Massen von Pollen entsenden. Genaue Zahlen fehlen. Wir müssen auf exakte Angaben über die Blühhäufigkeit und Blühdauer, über die Wirkung des Windes, über den Einfluß naher und entfernterer Pollenstreuer, über den Einfluß der Flugfähigkeit bzw. der Sinkgeschwindigkeit in Luft und Wasser verzichten. Wichtige Waldbaumpollen sind oft

[1]) Die nachstehende Studie enthält eine ganz unabhängige Meinungsäußerung von Herrn Dr. Vareschi, und das Geobot. Inst. Rübel behält sich die Stellungnahme zu den darin niedergelegten Ansichten vor (W. Lüdi).

nicht erhalten oder schwer kenntlich (z. B. von Larix, Fraxinus, Acer). Es darf also niemals direkt vom prozentualen Verhältnis der gefundenen Pollen auf das prozentuale Verhältnis der pollenspendenden Pflanzen geschlossen werden. Der indirekte Schluß, der Schluß, der auf Analogien zu überprüfbaren Verhältnissen gestützt ist und zu einem getreuen Bild des betreffenden untergegangenen Waldes in der Nähe der Pollenfundstätte führen soll — muß gewagt werden, weil das Wissen über die Verhältnisse einstiger Pollensedimentation an sich für uns wertlos ist.

Versuche, die Pollenstreuung weit entfernter rezenter Wälder zu ihrer wirklichen Holzartenzusammensetzung in Beziehung zu bringen, wurden von Firbas [1]), Hesselmann [2]), Lüdi [3]) v. Post [4]), Rudolph und Firbas [5]) mit Erfolg unternommen.

Hesselmann [2]) ging dabei so vor, daß er mit Petrischalen, die auf den Ostseefeuerschiffen Västra Banken (30 km vom Land entfernt) und Finngrundet (55 km vom Land entfernt) exponiert wurden, den Pollenregen auffing. So gewann er ein Maß für die Pollenstreuung auf große Entfernungen hin. Damit war der erste Schritt getan, eine bestimmte Pollensedimentation zu einer bekannten Vegetation in Beziehung zu bringen und die Deutung von Pollendiagrammen durch Analogieschlüsse auf die untersuchten Verhältnisse zu versuchen. Oft ist es jedoch unmöglich, rezente Pollenspektren zu erhalten, weil bei dem heute sehr langsamen oder ganz stillgelegten Moorwachstum die Pollen nicht mehr rasch genug in den Torf einwachsen, um der Zersetzung an der Luft zu entgehen. Wirkliche „Jetztzeit-Spektren" sind sehr selten zu erhalten und immer ist dabei unsicher, ob nicht ältere Pollenlager als „Verunreinigung" die Zusammensetzung beeinflußten. Die Methode Hesselmanns durch Jahre hindurch an vielen Orten gleichzeitig anzuwenden, wurde

---

[1]) Firbas, F.: Über einige hochgelegene Moore Vorarlbergs. Zeitschr. für Bot. **18**. 1926.

[2]) Hesselmann, H.: Jakttalgelser över skogsträdspollens spridningsförmåga. Meddel. från statens skogsförsöksanstalt. **16**. Stockholm 1919.

[3]) Lüdi, W.: Die Waldgeschichte der Grimsel. Beih. Bot. Zentralbl. **49**. Dresden 1932.

[4]) v. Post, L.: Diskussionsvotum zu Hesselmanns Vortrag. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar **41**. Stockholm 1919.

[5]) Rudolph, K. und Firbas, F.: Pollenanalytische Untersuchung subalpiner Moore des Riesengebirges. Ber. der Deutschen Bot. Ges. **44**. 1926.

wegen der großen Umständlichkeit solcher Arbeiten meines Wissens nicht versucht.

2. Ein Pollenspektrum aus dem Eis des großen Aletschgletschers.

Seit ich im Jahre 1932 in einer Eisprobe aus dem Grindelwaldgletscher guterhaltene Pollen fand, ließ mich der Gedanke nicht mehr los, daß die weiten, hoch über der Vegetation liegenden Firnfelder der Gletscher gleichsam den Versuch Hesselmanns in gigantischen Dimensionen wiederholten und die Lösung für viele dieser Fragen in sich beschlossen hätten. Dort oben muß jeden Frühling, jeden Sommer ein fast pausenloser Regen pollenreichen äolischen Staubes niedergehen und eine unsichtbare, feine Decke über den reinen Schnee des Winters breiten. Diese Decke wird dann selbst wieder vom pollenlosen Schnee des folgenden Winters zugedeckt und so wird wieder ein pollenreines Bett für die Sedimentation des nächsten Jahres geschaffen usw. Einmal im Eis eingesunken, werden die durch verschiedenen Pollengehalt ausgezeichneten Schichten mit in die Bewegung des Gletschers einbezogen, fließen mehr oder weniger tief im Innern des Gletschers talwärts und kommen schließlich im Abschmelzgebiet wieder an die Oberfläche. Von den dort entnommenen Eisproben dürfen also wichtige Rückschlüsse auf das Problem der Pollenstreuung und auf sonst schwer oder gar nicht faßbare glaziologische Gesetzmäßigkeiten erwartet werden.

Seit nunmehr drei Jahren habe ich von sechs Alpengletschern Proben untersucht, und einige erste Grundtatsachen festgestellt:

1. In jedem Gletscher wurden in Proben von 2 bis 10 dm^3 Eis Pollen in so großer Anzahl gefunden, daß eine statistische Auswertung möglich ist. (Das Vorhandensein von Pollen im Eis überhaupt durfte schon a priori angenommen werden und wurde auch von Ehrenberg [1]) anläßlich seiner Untersuchungen über den Passatstaub aus dem Eis des Jungfraugebiets festgestellt. Über die Pollenmengen war jedoch nichts bekannt).

2. Proben ganz ohne Pollen wurden selten gefunden, ebenso solche mit mehr als 5000 Pollen pro 1 dm^3 Eis.

---

[1]) Ehrenberg: Passatstaub und Blutregen. Ber. der Akad. der Wissensch. Berlin 1849.

3. Die mittlere Pollenfrequenz war für die einzelnen Gletscher verschieden. Beispielsweise traf es am Aletschgletscher im Durchschnitt 350 Pollen, am Gepatschgletscher (Ötztaler Alpen) 1200 Pollen auf den dm^3 Eis.

4. Bei allen Gletschern war der Pollengehalt des Zungenteils um ein Mehrfaches größer als der des Firngebietes.

5. Der Erhaltungszustand dieser „Mikrosubfossilien" war gut. Große Luftsackpollen (Abies, Picea) waren oft stark gequetscht oder zerbrochen. Alle kleineren Pollen waren sehr gut erhalten, auch solche, die im Torf oder Lehm meist nicht mehr erhalten sind.

6. Pollenspektren, die mit Sicherheit auf eine von der heutigen Vegetation verschiedene Holzartenzusammensetzung schließen ließen, fand ich nirgends. Immer sind es die verschiedensten jahreszeitlichen Aspekte unserer heutigen Flora, die man bei den Analysen reiner Proben herausbekommt. „Rein" muß die Probe in dem Sinne sein, daß sie nur Eis ein und derselben Farbe und Korngröße, und von ein und derselben Fundschicht enthält. Es lassen sich dann — in günstigen Fällen bis in den Zungenteil der Gletscher hinein — deutliche Jahresschichten feststellen. Und zwar sowohl an senkrechten Profilen (Spaltenwänden), als auch ausstreichend an der Oberfläche des Gletschers. So gliedert sich dem Pollenanalytiker die ungeheure, aus geheimnisvollen Bändern, Schichten, Klumpen und Schlieren zusammengesetzte Eismasse in weithinreichende Schichtkomplexe. Die einzelnen Eisteile sind nicht mehr ohne Beziehung zueinander, jedes führt gleichsam seinen jahreszeitlichen Geburtsschein mit sich und das unentwirrbare räumliche Nebeneinander kann auf das Bestehen der Beziehung eines zeitlichen Nacheinander hin geprüft werden. Änderungen gegenüber der ursprünglichen Schichtung werden offenbar und man wird schließlich daran denken dürfen, dem durch viele Theorien mehr verwickelten als geklärten, so unnahbar scheinenden Problem der Gletscherbewegung auf den Grund zu gehen.

Neben diesen glaziologischen Aufschlüssen, über die ich demnächst in der Zeitschrift für Gletscherkunde berichten werde, geht Hand in Hand ein immer tieferer Einblick in die Verhältnisse der Pollenstreuung im Firnbecken. Diese Studien werden aber erst dann für die oben angedeuteten methodischen Fragen der Pollenanalyse fruchtbar, wenn man einen wenigstens in großen Zügen gültigen Begriff

von der Vegetation der weiteren und näheren Umgebung des Gletschers hat. So kam ich nach einigen ersten Stichproben vom Untern Grindelwaldgletscher, dem Rhonegletscher und dem Zugspitzplatt dazu, einen einzelnen Gletscher sowohl auf seinen Pollengehalt hin genauer zu untersuchen, als auch die Vegetation seiner Umgebung zu studieren. Zur Durchführung solch weitergehender Arbeiten waren mir die Ratschläge erfahrener Forscher ebenso nötig, wie einige Apparate, die nötige Zeit und finanzielle Hilfe. Dies alles fand ich in wirklich umfassender Weise im Geobotanischen Institut Rübel, bzw. bei den Herren Prof. Dr. Rübel und Direktor Dr. Lüdi. Weitgehende Unterstützung durch Rat und Tat fand ich dann auch bei den Herren Dr. Lütschg, Dr. Billwiller, Dr. Berger, Dr. Gola, alle in Zürich, und bei Herrn Prof. Dr. v. Klebelsberg in Innsbruck. Ihnen allen sei herzlichst gedankt!

Der Große Aletschgletscher im Wallis war Gegenstand dieser ersten eingehenderen Untersuchung. Er ist mit einer Fläche von 115,1 km² und einer Länge von 26,8 km der größte Gletscher der Alpen. Firn- und Zungengebiet liegen in Südexposition. Ersteres besteht aus drei großen Teilgebieten: Dem Großen Aletschfirn, dem Jungfraufirn und dem Ewigschneefeld. Alle drei vereinigen sich bald unter der Firngrenze, die bei 2880 m (nach Heß [1]) liegt, im fast ebenen „Konkordiaplatz", und fließen dann gemeinsam, durch mehr oder weniger mächtige Mittelmoränen gegeneinander abgegrenzt, als riesiger Talgletscher in nur 7 Grad geneigter Zunge nach Süden, gegen das Rhonetal zu, ab. Dem schwer zugänglichen Gletschertor entspringt die Massa, die in enger Schlucht auf dem Grund eines alten U-Tals nach nur 6,5 km langem Lauf östlich von Brig in die Rhone mündet. Neben dem Einschnitt der Massa liegt, fast parallel mit ihr, die Schlucht des „Blindtales" (s. Kärtchen S. 95).

Die drei großen Firnmulden sind die Pollenfänger. Auf dem der Fläche nach etwa halb so großen Zungenteil wurden in den drei Jahren 89 Eisproben von je 2 bis 10 dm³ Eis gesammelt und verarbeitet. Beim Entnehmen der Proben wurde stets auf größte Reinheit geachtet; die oberflächlicheren Schichten wurden entfernt und immer das älteste, das heißt das Eis mit der größten Korngröße in einem kleineren Gebiet, aus dem die Probe zu entnehmen war, aus-

[1]) Heß, H.: Die Gletscher. Braunschweig 1904.

gesucht. Die Verarbeitung bestand im Schmelzen der Probe auf dem Primuskocher, im Zentrifugieren auf wenige Gramm Schmutzwasser in einer großen Handzentrifuge, in der Entfernung der anorganischen Bestandteile nach der Methode Assarsson und Granlund [1]) und schließlich in der mikroskopischen Analyse. Dabei wurden insgesamt schließlich Tausende von Pollen gezählt. Auch die übrigen subfossilen Reste wie Holzzellen, Gewebestücke aller Art, Sporen, Elateren, Diatomeen, Fadenalgen, Moosblätter, Zysten, Insektenreste usw. wurden notiert. Aus den verschiedenen Pollenaspekten ergab sich durch Summation ein prozentuales Gesamtspektrum des Pollengehaltes des Aletschgletschers, das bei jeder Erweiterung durch neue Zahlen konstant blieb. Für die wichtigsten Holzarten sei dieses Gesamtspektrum hier angegeben. Als Vergleich dazu das Gesamtspektrum des Gepatschgletschers. Beide berechnet aus je 2800 Pollen. Das Zeichen „+" bedeutet das Vorkommen der betreffenden Pollenart in geringen Mengen (unter 1%).

Pollenart	Aletsch	Gepatsch
Picea excelsa	28	26
Abies alba	2	+
Pinus cembra	12	18
Pinus silv. + montan. .	39	31
Corylus avellana . . .	3	3
Betula spec.	3	3
Alnus spec.	7	18
Fagus silvatica	1	0
Castanea sativa	+	0
Quercus spec.	4	1
Ulmus spec.	1	+
Tilia spec.	+	+

Die beiden Gesamtspektren unterscheiden sich sowohl quantitativ als qualitativ. Jedes ist also für seinen Gletscher charakteristisch. Das Charakteristische geht zurück auf Verschiedenheiten der umgebenden Vegetation und Besonderheiten der Windverhältnisse. Obwohl z. B. der Arvenwald beim Aletschgletscher viel näher an das Firngebiet herankommt, ist er durch weniger Pollenprozente vertreten als beim Gepatschferner, wo viel mächtigere und ausgedehntere Arvenwälder, jedoch in größerer Entfernung, vorkommen. Weite

[1]) Assarsson, G., und Granlund, E.: En method för pollenanalys av minerogena jordarter, Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar **46**. 1924. (Nach einer unveröff. Übersetzung von Dr. Lüdi.)

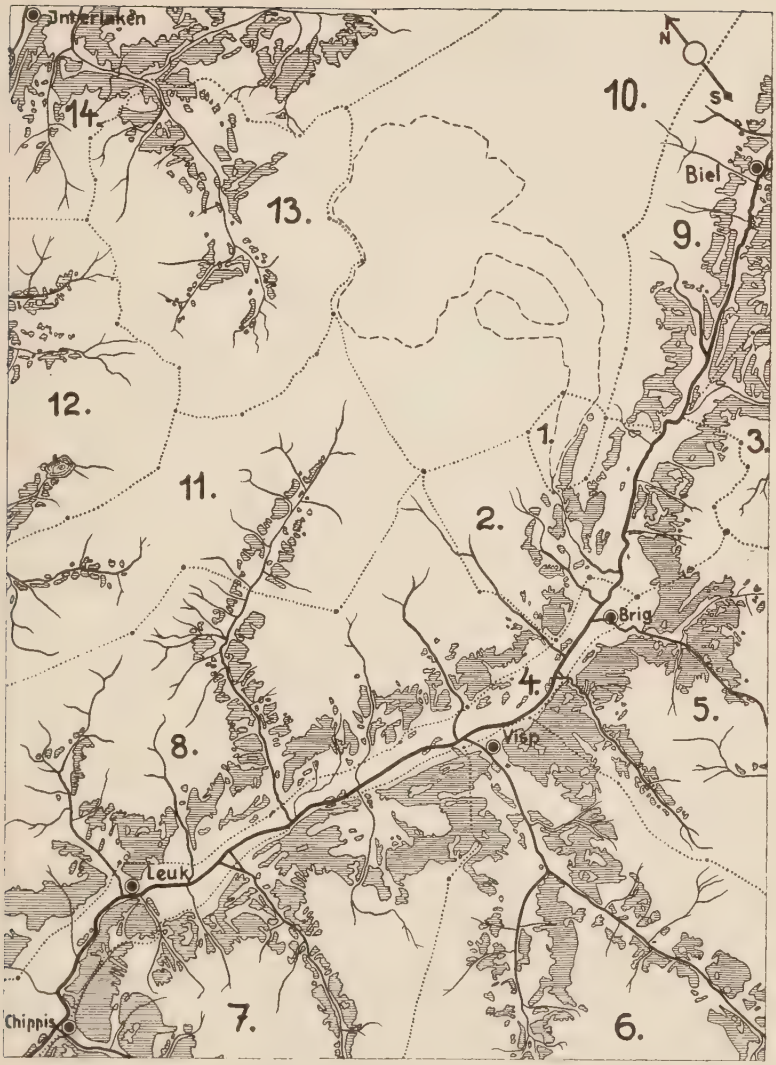


Abb. 1

Waldkarte der Umgebung des Großen Aletschgletschers

Der Umriß des Aletschgletschers ist strichliert. Die Grenzen der im Text und auf der Tabelle für sich betrachteten Bezirke sind punktiert ausgezogen. Die von Wald bedeckten Flächen sind schraffiert. Maßstab 1 : 340 000.

Flächen der Alnetum viridis-Assoziation in der näheren und weiteren Umgebung des Gepatsch ergeben die hohe Prozentzahl für Erle. Das Aletschspektrum enthält mehr Pollen von Bäumen, die in tieferen Lagen wachsen, als das Gepatschspektrum. Außer bei diesen Baumpollen gibt es auch charakteristische Unterschiede im übrigen Pollengehalt. Beispielsweise fehlt der im Aletscheis häufige Epilobiumpollen im Gepatscheis bisher vollständig.

3. Die heutigen Wälder um den Aletschgletscher.

Die Karte Seite 87 soll uns nun die Verbreitung der Wälder, soweit sie als Pollenstreuer für unser Firnfeld noch in Betracht kommen, schildern. Das Gebiet der Karte umfaßt 2000 km². Sicher ist innerhalb dieses Gebietes alle im Aletschspektrum widergespiegelte Vegetation erfaßt. Eine Polleneinstreuung aus Wäldern, die außerhalb dieser Fläche vorkommen, würde nur Bruchteile von Prozenten im Pollenspektrum ausmachen. Die Karte gibt also einen Überblick über alle „Pollensendermengen" in der näheren und weiteren Umgebung des Gletschers. Die Grenze des Aletschgletschers ist durch die gestrichelte Linie angedeutet. Das ganze dargestellte Gebiet ist in 14 „Bezirke", deren Wälder gesondert betrachtet werden sollen, eingeteilt. Die Grenzen der Bezirke sind punktiert. Der kleine Bezirk 1 umfaßt außer Ödland nur den sogenannten Aletschwald und eine nach Süden anschließende Waldparzelle. Es ist jenes Gebiet, aus dem vor allem eine Beeinflussung durch „Nahpollen" erwartet werden könnte, und daher für sich abgegrenzt. Die andern Bezirke umfassen größere Gebiete, deren Einfluß je nach der Entfernung und Bewaldung abgeschätzt werden kann. Beispielsweise wird von den weit entfernten, durch mächtige Gebirgsmauern vom Gletscher getrennten und mit wenig Wald bedeckten Bezirken 11 und 12 viel geringere Einwirkung zu erwarten sein als von Bezirk 8, usw.

Als Ergänzung zu der Waldkarte bringt die Tabelle Seite 90-91 die qualitative Zusammensetzung der Wälder der Bezirke durch die wichtigsten Holzarten. Aus der in der zweiten Rubrik im km² angegebenen Waldfläche und dem prozentualen Anteil der einzelnen Holzart an den Beständen ergibt sich nach den forstlichen Ertragstafeln, nach Wirtschaftsplänen und eigener Beobachtung eine freilich nur sehr ungefähre Maßzahl der Mengen der Holzart. Es sind die Stammzahlen in Tausenden von Stämmen über 16 cm Durch-

messer in der Rubrik „Stz." unter dem jeweiligen Prozentsatz angegeben. Diese Zahlen beruhen auf sorgfältiger Auswertung der Angaben in der Literatur, besonders der Werke von Binz [1]), Christ [2]), Jaccard [3]), Heß [4]), Lüdi [5]) und Rickli [6]), auf den Angaben der mir von den Bezirksforstämtern Brig und Leuk gütigst geliehenen forstlichen Wirtschaftsplänen und auf eigenen Beobachtungen.

Die Tabelle ist beispielsweise zu lesen: Bezirk 3 ist von 6 km² Wald bedeckt. Dieser setzt sich zusammen aus 12% Pinus silvestris, 9% Pinus cembra usf. Den 12% Föhren entsprechen schätzungsweise 36000 Stämme, den 9% Arven etwa 27000 Stämme usf. Jungholz unter 16 cm Durchmesser ist nicht gezählt. Ebenso fehlen die Zahlen für die Lärche, deren Pollen ja nicht gezählt wird, und die Stammzahlen der Erle, weil sie in den Wirtschaftsplänen meist nicht berücksichtigt ist.

Aus einer gewissen Ähnlichkeit der Verhältniszahlen in der Rubrik „Prozente der Pollen im Aletscheis" mit denen der Holzartenverteilung in den einzelnen Bezirken kann nun darauf geschlossen werden, woher in unserem Falle die Pollen eingestreut wurden. Es fragt sich also: Kommen die Pollen hauptsächlich aus den nächstliegenden Bezirken 1 und 2? Kommen sie gleichmäßig aus allen weiteren und näheren Bezirken zusammen? Oder liefert neben dieser Einstreuung von allen Seiten irgendeine entferntere Bezirksgruppe einen besondern Anteil der Pollen?

In Bezirk 1 ist die Arve mit 69% unbedingt die herrschende Holzart. Im Eisspektrum kommt sie mit 12% erst an dritter Stelle. Dagegen ist dort an erster Stelle die Föhre mit 39%, die wieder im Bezirk 1 fehlt. Ebenso fehlen ihm die wichtigsten Laubhölzer und die Tanne.

---

[1]) Binz, A.: Das Binnental und seine Flora. Ber. der Realschule zu Basel **1907/08**. Basel 1908.

[2]) Christ, H.: Die Visp-Taler-Föhrenregion im Wallis. Bull. Soc. Murithienne **40**. 1916.

[3]) Jaccard, H.: Catalogue de la Flore Valaisanne. Nouv. Mém. Soc. helv. Sc. nat. **34**. Bâle 1895.

[4]) Heß, E.: Waldstudien im Oberhasli. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme **13**. Zürich 1923.

[5]) Lüdi, W.: Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Beitr. zur geobot. Landesaufnahme **9**. Zürich 1921.

[6]) Rickli, M.: Die Arve in der Schweiz. Neue Denkschr. der S.N.G. **44**. Basel 1909.

Tabelle der Verteilung der einzelnen Holzarten auf die Waldflächen der auf der Karte S. 87 eingezeichneten Bezirke

(% = Holzartenzusammensetzung in Prozent ohne die Lärche, Stz. = Stammzahl in Tausenden, + = Vorhandensein einer Art in unbedeutenden Mengen)

Bezirk der Karte	Waldfläche in km²	relative u. absolute Mengen	Anteil der Holzarten an der Zusammensetzung der Wälder											
			Pinus silvestris	Pinus montana	Pinus cembra	Picea excelsa	Abies alba	Corylus avellana	Betula	Alnus	Fagus silvatica	Quercus	Ulmus	Tilia
1.	2	%			69	19			+	12				
		Stz.			70	19								
2.	23	%	17		2	79	+	+	1	1		+		+
		Stz.	195		23	908			11					
3.	6	%	12		9	62			2	15				
		Stz.	36		27	186			6					
4.	9	%	60			10	2	2	1	18	1	3	2	1
		Stz.	270			45	9	9	4		4	13	9	4
5.	34	%	42		4	48	1		2	3				
		Stz.	714		68	816	17		34					
6.	56	%	45		11	36	1	+	2	5		+	+	+
		Stz.	1260		308	1008	28		56					
7.	60	%	20	2	10	60	4	+	1	3		+	+	+
		Stz.	600	60	300	1800	120		30					
8.	59	%	30	+	2	60	6		1	1		+	+	+
		Stz.	885		59	1770	177		29					
9.	3	%		15	10	50	+	2	5	18				
		Stz.		22	15	75		3	7					

Bezirk der Karte	Waldfläche in km²	relative u. absolute Mengen	Anteil der Holzarten an der Zusammensetzung der Wälder											
			Pinus silvestris	Pinus montana	Pinus cembra	Picea excelsa	Abies alba	Corylus avellana	Betula	Alnus	Fagus silvatica	Quercus	Ulmus	Tilia
10.	0	%								+				
		Stz.												
11.	8	%	1	2	4	82	+		2	9				
		Stz.	4	8	18	320			8					
12.	8	%	25	25	5	40			2	3				
		Stz.	100	100	19	166			8					
13.	18	%		2	13	66	2	3	1	3	8		1	1
		Stz.		19	116	594	17	27	10		77		9	9
14.	35	%	4	+	1	61	3	1	1	3	25		+	1
		Stz.	70		17	1000	51	17	17		440			17
Gesamtsumme der Stz. im Gesamtbereich der Karte in Tausenden von Stämmen			4134	209	1040	8707	419	56	220	(ca.600)	521	13	18	30
Gesamtanteil der Stz. im Bereich der Karte in %			25,8	1,3	6,5	54,5	2,6	0,3	1,7	(ca. 3,7)	3,2	0,1	0,1	0,2
Stz. %, kombiniert aus jenen Gebieten, aus denen die meisten Pollen stammen			**33,5**	**0,8**	**10,8**	**37,6**	**2,2**	**0,8**	**1,3**	(ca. **8,8**)	**2,2**	**1,0**	**0,6**	**0,4**
Prozente der Pollen im Aletscheis			**39**		**12**	**28**	**2**	**3**	**3**	**7**	**1**	**4**	**1**	**0,5**
F_p			0,9		0,9	1,3	1,0	0,3	0,4	(ca. 1,3)	2,2	0,2	0,6	0,9

Bezirk 2 enthält mehr als zehnmal so viel bewaldete Fläche als 1. Die Arvenprozente sind der Zahl des Aletschspektrums schon näher. Aber alle übrigen Zahlen zeigen noch große Unterschiede von unserem Pollenspektrum. Es zeigt sich also, daß die Nahbezirke nicht ausschlaggebend für unser Pollenspektrum sind.

Es fällt weiter auf, daß der Bezirk 4 als einziger von allen Bezirken die Eichenpollen geliefert haben kann. Dagegen unterscheiden sich seine Wälder durch das Fehlen der Arve, die geringen Zahlen für Fichte usw. grundsätzlich von dem Bild, welches das Eisspektrum erwarten läßt. Die jenseits der Berner Alpen gelegenen Bezirke 13 und 14 haben relativ hohe Zahlen für Buche, die sich in keiner Weise im Aletschspektrum wiederfinden. Den Bezirken 3, 9, 11 und 12 fehlen die edlen Laubhölzer usw. So stellt sich heraus, daß keiner von allen Bezirken für sich allein das Aletschspektrum erzeugt haben kann.

Wenn wir nun die Gesamtheit der Wälder zum Aletschspektrum in Beziehung setzen, erhalten wir die in der Rubrik „Gesamtanteil der Stz. im Bereich der Karte in %" angegebenen Zahlen. Jetzt ist schon eine weitergehende Übereinstimmung da. Das Pollendiagramm gibt also wirklich, wie der Pollenanalytiker erwartet, in grober Weise die Zusammensetzung der ganzen umgebenden Wälder wieder. Bei genauerer Prüfung fällt jedoch auf, daß die Arve im Pollendiagramm etwa doppelt so stark vertreten ist, und daß die oben erwähnten im Pollendiagramm deutlich ausgeprägten Eichenprozente im Gesamtwaldbild wieder auf ein Vierzigstel zusammenschrumpfen. Also auch hier bei genauerem Zusehen ein negatives Resultat: Das Eisspektrum kann nur zum Teil durch gleichmäßige Einstreuung von allen Seiten und aus verschiedenen Entfernungen entstanden sein.

So kommt man zwangsläufig dazu, der allseitigen Gesamtstreuung zwar den Haupteinfluß zuzuschreiben; etwa in dem Sinne, daß man sechs Zehntel des Gesamtspektrums auf sie zurückführt. Daneben muß aber eine besonders deutliche Einwirkung eines einzelnen Fernbezirkes eingerechnet werden: Es ist dies Bezirk 4, dem man etwa drei Zehntel im Gesamtspektrum zuschreiben muß. Das übrige ein Zehntel soll die schwache, aber immerhin in den Arvenprozenten noch deutliche Überbestreuung durch Nahpollen (Bezirk 1!) darstellen.

Die jetzt erhaltenen Stammzahlprozente (Rubrik „Stz. % kombiniert ...") entsprechen den Pollenzahlen aus dem Eis schon so weit, daß alle noch auftauchenden Differenzen nur mehr auf Verschiedenheiten der Pollenproduktion der Arten und der Flugfähigkeit der Pollen zurückgeführt werden können.

Aus der Verteilung der Wälder und Holzarten geht also deutlich hervor, daß das Pollenspektrum den gesamten umgebenden Wald nur grob widerspiegelt, daß die Nahbezirke nur wenig störend wirken, und daß ein bestimmter, im Mittel etwa 20 km entfernter, in geringer Meereshöhe liegender Bezirk durch seine Pollenstreuung das Gesamtbild einseitig verzerrt.

Nun drängt sich die Frage auf: Warum ist das Eisspektrum durch die Pollenstreuung gerade dieses Bezirkes speziell beeinflußt worden? Den Schlüssel für diese einseitig stärkere Bestreuung geben die Windverhältnisse.

4. Die Windverhältnisse zur Zeit der Pollenstreuung im Gebiet des Aletschgletschers.

Das Rhonetal ist das klassische Beispiel eines Alpenlängstals mit regelmäßigem Talwind. Die Häufigkeit des Talwindes nimmt vom März an rasch zu und ist bereits im April ungefähr so groß wie im Sommer; das Maximum fällt auf den Frühsommer. Der Talwind beginnt in den frühen Vormittagsstunden und erreicht zwischen fünfzehn und sechzehn Uhr sein Maximum, nämlich durchschnittlich 25 Stundenkilometer. Wird er durch allgemeine Westwindlage gefördert, so sind viel größere Geschwindigkeiten möglich. (Näheres über den Walliser Talwind s. Billwiller [1]).

Sowohl der Jahreszeit, als auch der Tageszeit nach fällt sein starkes Auftreten mit der Zeit der erhöhten Pollenabgabe der Bäume zusammen: Die Hauptblütezeiten sind die Monate April bis Juli. Die stärkste Pollenabgabe beginnt an schönen Tagen am Vormittag und dauert bis gegen den Mittag hin.

Auf dem Kärtchen S. 95 ist im Rhonetal eine Windrose eingezeichnet, die die im Rhonetal herrschenden Windhäufigkeiten durch

[1]) Billwiller, R.: Der Walliser Talwind. Annal. der Schweiz. Meteorol. Zentralanst., Jahrg. **1913**. Zürich 1914.

die Länge der betreffenden Strahlen graphisch wiedergibt. Das Winddiagramm ist nach dreizehnjährigen Messungen der Station Siders für die Monate April bis Juli gezeichnet. Es ergibt sich, daß außer dem Talwind aus dem SW und dem schon selteneren, ihm entgegengesetzten, meist nächtlichen Bergwind keine andere Windrichtung eine Rolle spielt.

Auf seinem 100 km langen Weg bis Brig hat der Talwind reichlich Gelegenheit, sich mit Pollen zu beladen, und findet hier folgende Situation vor: Oberhalb Brig verengt sich das Haupttal und seine Kraft nimmt von Brig an aufwärts deutlich ab. Nördlich von Brig liegt die Ausmündung jenes breiten U-Tals, das sich der ehemals größere Aletschgletscher bereitet hat. Es wird heute neben der Massa, dem Abfluß des Aletsch, auch noch vom Blindtalbach und dem Kehlebach durchflossen, und als Ganzes im folgenden „Massatal" genannt werden. Theoretisch ist anzunehmen, daß der in seiner Hauptrichtung gestaute Talwind eine Abzweigung Massa-aufwärts sende. Dabei würden die Pollen, mit denen der Rhone-Talwind gesättigt ist, geradenwegs ins Aletschgebiet hinauf gelangen. Der nachts vom oberen Rhonetal abwärts fließende Bergwind wird dagegen nicht in das Seitental einbiegen, erstens, weil er nur etwa ein Siebentel der Geschwindigkeit des Talwinds und den lokalen Bergwind des Massatals selbst gegen sich hat, zweitens, weil ihm der weit vorgeschobene Riegel des Riederhorns ein Einbiegen erschwert und das weite Rhonetal ihm als Abflußweg offensteht.

Um diese theoretischen Überlegungen zu prüfen, habe ich an Tagen mit typischem Rhone-Talwind im Massatal selbst nach diesem vermuteten Zweigwind gefahndet. Es wurden 17 Pilotballon-Aufstiege mit dem Theodoliten verfolgt und die Flugbahnen später berechnet. Die Beobachtungszeit waren die Mittagsstunden folgender Tage: 19. bis 21. August 1933 und 5. und 6. September 1933; alles Tage mit ausgesprochener Hochdruckzone über den Alpen. In die Karte S. 95 sind für vier Orte des Massatals je eine charakteristische Flugbahn eines Pilotballons eingezeichnet.

Die Ballonbahn von Birchegge zeigt als bodennahen Wind den Massa-Talwind. Etwa 500 m über dem Boden kommt der Ballon in Luftwirbel, die Geschwindigkeit nimmt zeitweise ab, nach einigem Schwanken geht der Ballon immer mehr ins Haupttal zurück und schwebt dann mit dem Rhone-Talwind nach Osten. Die Ballonbahn

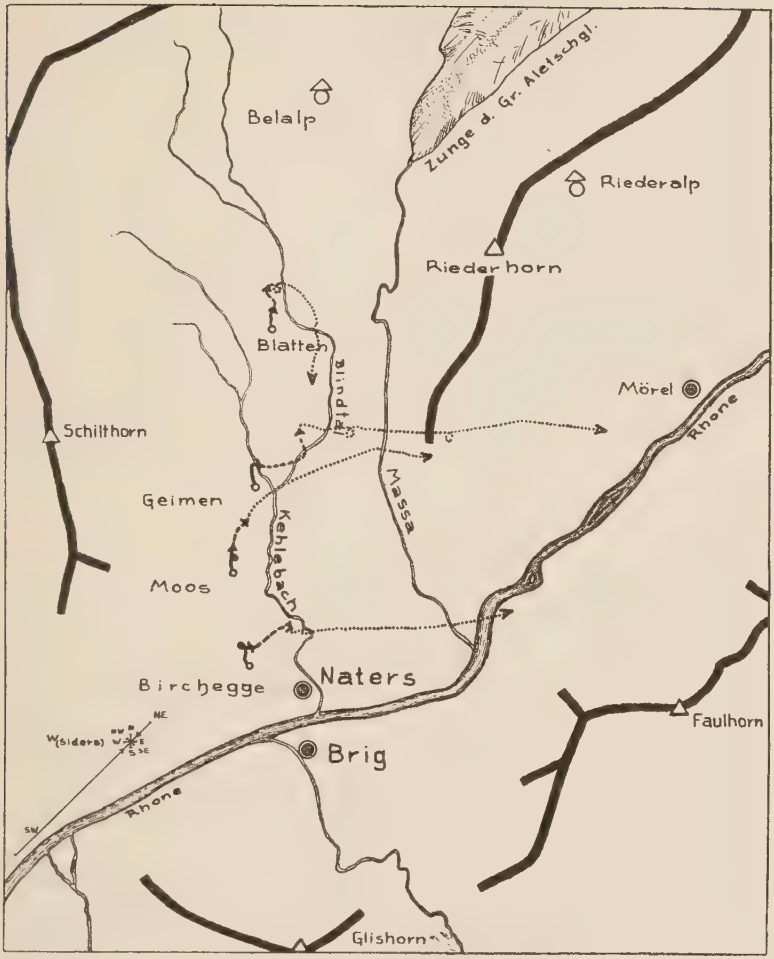


Abb. 2

Kartenskizze des Massatales

W = Graphische Darstellung der Windhäufigkeit im Rhonetal bei Siders. Für vier Orte des Massatales ist je eine charakteristische Ballonbahn eingetragen: 0–500 m über dem Boden = ausgezogene Linie. 500–1000 m über dem Boden = strichlierte Linie, darüberhinaus ist die Ballonbahn punktiert. 1 : 83 000.

von Moos zeigt prinzipiell ähnlichen Verlauf, nur ist — entsprechend der größeren Entfernung vom Haupttal — der lokale Talwind nun bis auf 1000 m über dem Boden wirksam, und das Einbiegen in das Haupttal erfolgt allmählicher. Die Flugbahn von Geimen zeigt den Kampf des lokalen und des Rhone-Talwindes um die Vorherrschaft. Oberhalb 500 m (über dem Boden) siegt bald die Saugwirkung des Rhone-Talwindes, bald der lokale Südwind, dessen Wirkung erst oberhalb 1000 m über dem Boden aufhört. Die allgemeine Windrichtung während diesen Beobachtungen war an den fünf Meßtagen nacheinander: NW-, SW-, W- und NE-Lage. (Nach den Aufzeichnungen der Station Jungfraujoch.) Besonders interessant ist demgegenüber die Flugbahn von Blatten. Der Ballonaufstieg stammt vom 5. September 1933, mittags. Jungfraujoch meldet um 13 Uhr 30 Minuten: Nordwind von ca. 23 Stundenkilometer Geschwindigkeit, Sion gleichzeitig den typischen SW-Wind von ca. 10 Stundenkilometer, also den deutlichen Rhonetalwind. Unbekümmert um diese Windrichtungen zeigt unser Ballon zunächst Südwind, also den lokalen Massa-Talwind (Geschwindigkeit 4 Stundenkilometer). Er kommt erst in etwa 1000 m Höhe über dem Boden in Luftwirbel, schwankt in einer Störungszone mit 1,7 bis 3 Stundenkilometer hin und her, kehrt um, und zeigt in größerer Höhe immer deutlicher den regionalen Nordwind an. Dabei steigt seine Geschwindigkeit auf 15 Stundenkilometer.

Im ganzen kann also gesagt werden, daß an jedem der fünf schönen Tage ein Zweigwind des Rhone-Talwinds Massa-aufwärts gegen den Gletscher hin weht, und zwar unbekümmert um die regional herrschende Windrichtung, in die der Lokalwind erst in 500 bis 1000 m Höhe über dem Boden umbiegt. Man darf annehmen, daß die Resultate der Messungen dieser fünf Tage zeitlich weitgehend verallgemeinert werden können, insbesondere im Hinblick auf die große Regelmäßigkeit, mit der der Walliser Talwind, als Initiant des Lokalwindes im Massatal, auftritt.

Nach Untersuchungen von Scheppegrell [1]), der im Flugzeug den Pollengehalt in verschiedenen Höhen über dem Boden feststellte, ist die Hauptmasse der Pollen in jenen Luftschichten enthalten, in denen im Massatal noch der Lokalwind herrscht. Er fand beispielsweise in

[1]) Scheppegrell, W.: Hey fever and asthma: cause, prevention and cure. 1922. (Zitiert n. Gutmann: Die Pollenallergie, München 1929.)

100 m Höhe 1234 Pollen, in 1000 m Höhe 1591 Pollen, in 1300 m Höhe nur mehr 169 und in 2000 m Höhe nur mehr 17 Pollenkörner (zitiert nach Boshart [1]).

5. Pollenspektrum und Vegetation. Der Faktor „F_p".

Von drei Seiten her kommen wir so an unser Problem der Pollenstreuung heran! Die Pollenfunde im Eis, die Verbreitung und Massenverteilung der Holzarten und die eigenartigen Windverhältnisse ergeben in gegenseitiger Kontrolle ein sehr bestimmt umrissenes Bild, das sich nur teilweise mit der bisherigen Anschauung deckt, welche meist lautet, daß wohl fast alle Pollenarten weit verfrachtet werden können, daß aber der Fernpollen innerhalb der Waldgebiete nie über 2–3% des Gesamtpollens ausmacht, und auch in der alpinen Stufe niemals ein Spektrum tieferer Waldstufen vortäuschen kann.

Würde man in der für Moordiagramme aus größeren Meereshöhen üblichen Weise nach den Zahlen unseres Eisspektrums die entsprechende Vegetation zu rekonstruieren suchen, so würde dieses rekonstruierte Bild von den tatsächlich festgestellten Verhältnissen in einigen wesentlichen Punkten abweichen. Die Waldgrenze würde höher eingeschätzt werden, Eichenbestände würden viel näher angenommen werden als in der der Wirklichkeit entsprechenden Entfernung von ca. 20 km. Man würde vor allem nicht aus dem Spektrum erkennen, daß die Pollenfundstätte in einem 500 km² großen, waldlosen Gebiet liegt, sondern in dieser Zone auf eine ziemliche Walddichte schließen.

Firbas [2]) schlägt vor, die Waldlosigkeit durch Berechnung der „Nichtbaumpollen" in Prozenten der Baumpollen nachzuweisen. Diese Methode scheint sich im flachen Lande gut zu bewähren. Er findet beispielsweise bei 10 bis 20 km Entfernung des Waldes im Mittel 438% Nichtbaumpollen, bei 38 bis 70 km entferntem Wald über 1000% Nichtbaumpollen. Wenn wir beim Aletsch das Gebiet der Hauptpollenspender in ca. 30 km Entfernung annehmen, so ist die Zahl von im Mittel 70% Nichtbaumpollen im Verhältnis zu den

[1]) Boshart, K.: Die Heufieberpflanzen. (Aus Gutmann: Die Pollenallergie.)

[2]) Firbas, F.: Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation waldloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. Planta **22**. Berlin 1934.

Zahlen Firbas' außerordentlich klein. Es ist dies der Armut der Feldschichtvegetation in der Nähe des ewigen Eises zuzuschreiben. Je weiter weg vom Wald die Probe entnommen wird, desto zahlreicher wird — so paradox das klingt — der Baumpollen gegenüber dem stark zurücktretenden Nichtbaumpollen, da die Spender beider Pollenarten einer nach dem andern zurückbleiben, der in großen Massen ausgestreute und sehr flugfähige Baumpollen aber auf längeren Flugstrecken den Nichtbaumpollen überholt.

Die starke Einstreuung von Kiefernpollen in allen bisher untersuchten Gletschern überrascht dagegen kaum. v. Post, Rudolph, Firbas, Overbeck u. a. haben wiederholt auf diese Fehlerquelle hingewiesen. Verschiedene Autoren halten sehr starke Einstreuung von Pinuspollen für ein Zeichen der Waldlosigkeit. Dieser Auffassung tritt Firbas (l. c.) entgegen. Für unser Gebiet scheint die Wahrheit in der Mitte zu liegen: Die Föhre ist zwar überrepräsentiert, aber lange nicht in dem Maße, daß sie die Pollenproduktion anderer Hölzer, die in ungefähr gleicher Entfernung vorkommen, überdecken könnte.

Nach Messungen Knolls [1]) haben Birken- und Haselpollen eine ebenso große Flugfähigkeit, wie die mit Luftsäcken ausgestatteten Föhrenpollen. Damit stimmt gut überein, daß alle drei im Aletscheis überrepräsentiert sind. Aber auch die Ulme ist etwas überrepräsentiert und am meisten die Eiche. Es kann dies auch mit starker Pollenproduktion zusammenhängen, so daß trotz des raschen Absinkens vieler Pollen doch noch unverhältnismäßig viele auf das Firnfeld gelangen. Die Fichte, Buche und Erle sind im Verhältnis zu ihrer Verbreitung im Pollenspektrum zu schwach vertreten. Außer der Fichte sind alle Nadelhölzer mehr oder weniger überrepräsentiert. Macht die Fichte deshalb eine Ausnahme, weil sie weniger häufig blüht, oder weil sie beim Blühen weniger Pollen produziert, oder hat ihr Pollen, der von allen in Frage kommenden Nadelhölzern relativ zum eigentlichen Pollenkorn die kleinsten Luftsäcke hat, eine größere Sinkgeschwindigkeit als die andern? Wenn diese Fragen vorläufig auch noch unbeantwortet bleiben müssen, so ist doch die Tatsache einer Fehlleistung der Pollenprozentzahl einer so wichtigen Art an sich schon wichtig genug für den Pollenanalytiker.

[1]) Knoll, F.: Über die Verbreitung des Blütenstaubes durch den Wind. Forschungen umd Fortschr. **8.** 1932. (Zitiert nach Firbas l. c.)

Der zahlenmäßige Ausdruck dieser Fehlleistung sind die in der untersten Rubrik der Tabelle mit F_p bezeichneten Faktoren. Sie ergeben sich durch einfache Division:

$$F_p = \frac{\text{Stammzahlprozente im Pollensendergebiet}}{\text{Pollenprozente der Ablagerung}}$$

Ist $F_p = 1$, so ist aus dem Pollendiagramm der Holzartenanteil direkt ablesbar, bei $F_p > 1$ ist die Pollenart unter-, bei $F_p < 1$ ist sie überrepräsentiert. Beim Lesen der Pollendiagramme ist dieser Faktor immer in Betracht zu ziehen. Genau wird er bei paläobotanischen Pollendiagrammen nie bekannt sein. Er kann nur, wie hier versucht wurde, aus gut überblickbaren rezenten Verhältnissen berechnet werden. Die so gefundenen Werte müssen dann vorsichtig auf die zu erforschenden Verhältnisse übertragen werden. Dabei ist zu beachten, daß F_p durchaus keine Konstante ist. Es ist für jeden Ort, jede Holzart verschieden. Ja, man muß sich damit abfinden, daß dieser Faktor desto vorsichtiger gehandhabt werden muß, je weiter in die Vorzeit zurück er in Analogie der heutigen Verhältnisse angewendet wird. Trotzdem brauchen wir ihn. Trotzdem müssen wir ihn auf möglichst vielen voneinander unabhängigen Wegen immer genauer zu umreißen suchen. Denn dieser Näherungswert ist der einzige Schlüssel, der uns helfen kann, die toten Prozentzahlen unserer Pollendiagramme aufzuschließen, und uns damit ein treffendes, lebendiges Bild der Vorzeitwälder zu geben.